



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN  
Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**

**AUTOR: ESPINEL ORBEA HOMERO PATRICIO**

**TEMA: INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DE  
UNA SALA DE CONTROL ELÉCTRICO CONTENERIZADA PARA  
SUMINISTRO DE ENERGÍA EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN EN  
PLATAFORMAS DE OPERACIÓN PETROLERA**

**DIRECTOR: ING. RODOLFO GORDILLO**

**CODIRECTOR: ING. WILSON YÉPEZ**

**SANGOLQUI – ECUADOR, 2015**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL.

CERTIFICADO

ING. RODOLFO GORDILLO

ING. WILSON YÉPEZ

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DE UNA SALA DE CONTROL ELÉCTRICO CONTENERIZADA PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN EN PLATAFORMA DE OPERACIÓN PETROLERA, realizado por el Sr. HOMERO PATRICIO ESPINEL ORBEA, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. Debido a que su contenido representa un valioso aporte para el desarrollo de tecnología e infraestructura de origen nacional dentro de áreas de operación petrolera, Se recomiendan su publicación. El mencionado trabajo consta de un (1) documento empastado y un (1) disco compacto, el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a HOMERO PATRICIO ESPINEL ORBEA que lo entregue al Ingeniero Luis Orozco Brito, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control.

Sangolquí, 26 de enero del 2015.



ING. RODOLFO GORDILLO

DIRECTOR



ING. WILSON YÉPEZ

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL  
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, HOMERO PATRICIO ESPINEL ORBEA

**DECLARO QUE:**

El proyecto de grado denominado INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DE UNA SALA DE CONTROL ELÉCTRICO CONTENERIZADA PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN EN PLATAFORMA DE OPERACIÓN PETROLERA, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie, de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 26 de enero del 2015.



---

HOMERO PATRICIO ESPINEL ORBEA

AUTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL  
AUTORIZACIÓN

Yo, HÓMERO PATRICIO ESPINEL ORBEA

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DE UNA SALA DE CONTROL ELÉCTRICO CONTENERIZADA PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN EN PLATAFORMA DE OPERACIÓN PETROLERA cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 26 de enero del 2015.



---

HOMERO PATRICIO ESPINEL ORBEA

AUTOR

## **DEDICATORIA**

A quienes son mi inspiración y soporte, Diana, Alejandro, Giuliana y Damián.

Homero

## **AGRADECIMIENTO**

A quienes con su ejemplo me enseñaron a dar siempre lo mejor, Esther y Patricio. A quien es mi apoyo constante, mi esposa Diana. A quienes siempre me alentaron Nancy y Myriam.

Homero

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
AUTORIZACIÓN .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVIII
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	XXIII
RESUMEN.....	XXIV
ABSTRACT.....	XXV
1.    CAPITULO I.....	1
1.1.    INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.    DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN PCR CONTENERIZADO .....	5
1.3.    DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	13
1.4.    IMPORTANCIA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA INDUSTRIA PETROLERA.....	17
2.    CAPITULO II.....	20

2.1.	EL PETRÓLEO.....	20
2.1.1.	ORIGEN DEL PETRÓLEO. ....	22
2.1.2.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL PETRÓLEO. ...	23
2.1.3.	DERIVADOS Y APLICACIONES DEL PETRÓLEO.....	25
2.1.4.	CADENA DE TRATAMIENTO DEL PETRÓLEO.....	27
2.1.5.	EL PETRÓLEO EN EL ECUADOR.....	35
2.2.	GENERALIDADES DE UN PCR CONTENERIZADO.....	42
2.2.1.	CARACTERÍSTICAS DE UN PCR CONTENERIZADO.....	45
2.2.2.	VENTAJAS DE UN PCR CONTENERIZADO.....	56
2.2.3.	APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA PETROLERA.....	65
3.	CAPITULO III.....	70
3.1.	REGULACIONES. ....	70
3.2.	GRADO DE ESTANQUEIDAD.....	76
3.3.	CLASIFICACIÓN DE ÁREAS PELIGROSAS.....	82
3.3.1.	CLASIFICACIÓN DE ÁREAS PELIGROSAS.....	84
3.4.	NIVELES DE TENSIÓN, MEDIA Y BAJA TENSIÓN.....	85
3.5.	ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL PCR CONTENERIZADO.....	86
3.5.1.	MODELO ESTRUCTURAL Y TERMINADO ARQUITECTÓNICOS. ....	88
3.5.2.	SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN. ....	90
3.5.3.	SOPORTERÍA ELÉCTRICA. ....	95
3.5.4.	RUTAS DE CONDUIT, DUCTOS Y BANDEJAS.....	97
3.5.5.	CABLEADO ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN.....	106
3.5.6.	SISTEMA DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS.....	118

3.5.7.	SISTEMA DE ILUMINACIÓN INTERIOR, EXTERIOR Y DE EMERGENCIA. ....	126
3.5.8.	SISTEMA DE TOMACORRIENTES .....	132
3.5.9.	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN. ....	138
3.5.10.	SISTEMA DE ENERGÍA ININTERRUMPIDA EN VAC, UPS. ....	147
3.5.11.	SISTEMA DE ENERGÍA ININTERRUMPIDA EN VDC, RECTIFICADOR.....	153
3.5.12.	TABLERO DE CONTROL Y COMUNICACIONES.....	158
3.5.13.	SISTEMA DE TIERRA.....	161
3.5.14.	TRANSFORMADOR.....	166
3.5.15.	SWITCHGEAR. ....	172
4.	CAPITULO IV.....	181
4.1.	INGENIERÍA CONCEPTUAL .....	181
4.1.1.	FORMULACION DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DEL PCR CONTENERIZADO .....	181
4.1.2.	PROTOTIPO Y PLANTEAMIENTO DE FILOSOFIA DE OPERACIÓN.....	187
4.2.	INGENIERÍA BÁSICA .....	203
4.2.1.	SOPORTE MECÁNICO, CIVIL Y ARQUITECTÓNICO.....	203
4.2.2.	DESARROLLO DE LISTA DE EQUIPOS .....	204
4.2.3.	DISEÑO DE ILUMINACION INTERNA, EXTERNA Y DE EMERGENCIA .....	207
4.2.4.	ESPECIFICACION DE SISTEMA DE TOMAS DE ENERGIA ELÉCTRICA.....	217

4.2.5.	ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN .....	221
4.2.6.	ESPECIFICACIÓN PARA RESPALDO DE ENERGÍA. ....	234
4.2.7.	ESPECIFICACIÓN DE SWITCHGEAR .....	246
4.2.8.	DISEÑO DE SISTEMA DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS .....	275
4.2.9.	ESPECIFICACIÓN DEL TABLERO DE COMUNICACIONES .....	285
4.2.10.	ESPECIFICACIÓN DE TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN .....	287
4.2.11.	DESARROLLO DE LISTA DE CARGAS .....	293
4.2.12.	ESPECIFICACIÓN DE TRANSFORMADOR .....	298
4.2.13.	ESPECIFICACIÓN DE CABLES ELÉCTRICOS, DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.....	302
4.2.14.	ESPECIFICACIÓN DE BANDEJAS Y CONDUIT.....	310
4.2.15.	ESPECIFICACIÓN DE RUTAS DE CABLEADO .....	320
4.2.16.	ESPECIFICACIÓN DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA .....	321
4.3.	INGENIERÍA DE DETALLE.....	324
5.	CAPITULO V .....	327
5.1.	CONCLUSIONES .....	327
5.2.	RECOMENDACIONES.....	330

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.1.</b> PCR POWELL – GE .....	3
<b>FIGURA 1.2.</b> PCR ESTÁTICO Y PCR CONTENERIZADO MÓVIL .....	7
<b>FIGURA 1.3.</b> PLANTA ELÉCTRICA CONTENERIZADA HYUNDAI HIMSEN 9H21/32 X 28SETS / 47.6MW / CUBA.....	9
<b>FIGURA 1.4.</b> NIVELES DE TENSIÓN TÍPICOS EN UN PCR CONTENERIZADO .....	11
<b>FIGURA 1.5.</b> MODELOS DE GENERADORES HYUNDAI .....	17
<b>FIGURA 1.6.</b> CENTRAL ELÉCTRICA GERAMAR I Y II EN BRASIL, 332MW. 18	
<b>FIGURA 2.1.</b> YACIMIENTO DE PETRÓLEO Y CONFIGURACIÓN PARA EXPLOTACIÓN.....	20
<b>FIGURA 2.2.</b> ORIGEN DEL PETRÓLEO, TEORÍA INORGÁNICA.....	22
<b>FIGURA 2.3.</b> ORIGEN DE PETRÓLEO, TEORÍA ORGÁNICA.....	23
<b>FIGURA 2.4.</b> TORRE DE DESTILACIÓN, DERIVADOS DE PETRÓLEO.....	26
<b>FIGURA 2.5.</b> CADENA DE TRATAMIENTO DEL PETRÓLEO .....	27
<b>FIGURA 2.6.</b> CADENA PRODUCTIVA DE HIDROCARBUROS .....	27
<b>FIGURA 2.7.</b> MÉTODOS DE EXPLORACIÓN DE YACIMIENTOS DE CRUDO.....	28
<b>FIGURA 2.8.</b> ESQUEMA DE UNA TORRE DE PERFORACIÓN.....	29
<b>FIGURA 2.9.</b> CABEZAL DE POZO “ÁRBOL DE NAVIDAD” .....	29
<b>FIGURA 2.10.</b> SEPARADOR HORIZONTAL TRIFÁSICO PAM.....	31
<b>FIGURA 2.11.</b> MANIFOLD DE 2 ENTRADAS DE CRUDO .....	31
<b>FIGURA 2.12.</b> ESQUEMA DE TRANSPORTE DE CRUDO .....	33

<b>FIGURA 2.13.</b> OLEODUCTO, TANQUERO FLUVIAL Y TERRESTRE .....	33
<b>FIGURA 2.14.</b> REFINERÍA DE ESMERALDAS .....	34
<b>FIGURA 2.15.</b> PLATAFORMA DE EXTRACCIÓN DE CRUDO, ORIENTE ECUATORIANO .....	36
<b>FIGURA 2.16.</b> PORCENTAJE DE RENTA PETROLERA DENTRO DE CUENTAS FISCALES .....	37
<b>FIGURA 2.17.</b> FINANCIAMIENTO DE GASTOS DEL ESTADO EN FUNCIÓN DE INGRESOS PETROLEROS Y NO PETROLEROS .....	37
<b>FIGURA 2.18.</b> EVOLUCIÓN DE EMPRESAS ESTATALES DE PETRÓLEO.....	39
<b>FIGURA 2.19.</b> EXPORTACIÓN DE PETRÓLEO POR PAÍSES .....	41
<b>FIGURA 2.20.</b> PCR PALO AZUL, BLOQUE 18, PETROAMAZONAS .....	43
<b>FIGURA 2.21.</b> ANÁLISIS ESTRUCTURAL PCR CONTENERIZADO .....	46
<b>FIGURA 2.22.</b> DISPOSICIÓN PAREDES, TECHO, AISLAMIENTO PCR .....	47
<b>FIGURA 2.23.</b> ESQUEMA Y CRITERIO DE CLIMATIZACIÓN PCR .....	47
<b>FIGURA 2.24.</b> IZAJE PCR CONTENERIZADO .....	48
<b>FIGURA 2.25.</b> TERMINADOS PCR CONTENERIZADO .....	48
<b>FIGURA 2.26.</b> PROCESO DE PINTURA DE UN PCR CONTENERIZADO .....	49
<b>FIGURA 2.27.</b> FABRICACIÓN Y PRUEBAS ESTRUCTURA PCR .....	49
<b>FIGURA 2.28.</b> TRANSPORTE DE PCR CONTENERIZADO.....	50
<b>FIGURA 2.29.</b> EQUIPOS ELÉCTRICOS EN UN PCR CONTENERIZADO.....	52
<b>FIGURA 2.30.</b> DISPOSITIVOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE UN PCR.....	52
<b>FIGURA 2.31.</b> FUNCIONALIDAD Y ACONDICIONAMIENTO DE AMBIENTES EN PCR .....	53

<b>FIGURA 2.32. CONDICIONES DE SEGURIDAD PCR CONTENERIZADO</b>	
SCI .....	53
<b>FIGURA 2.33. BARRAS DE TIERRA PCR CONTENERIZADO .....</b>	<b>54</b>
<b>FIGURA 2.34. INGRESO Y SALIDA DE CABLES PCR CONTENERIZADO.....</b>	<b>54</b>
<b>FIGURA 2.35. RUTA DE BANDEJAS Y CONDUIT EN UN PCR</b>	
CONTENERIZADO .....	55
<b>FIGURA 2.36. IZAJE Y TRANSPORTE DE PCR CONTENERIZADO .....</b>	<b>57</b>
<b>FIGURA 2.37. FABRICACIÓN DE PCR CONTENERIZADO EN PLANTA</b>	
PIL S.A.....	57
<b>FIGURA 2.38. MONTAJE Y ACONDICIONAMIENTO DE PCR.....</b>	<b>58</b>
<b>FIGURA 2.39. LOCACIONES REMOTAS Y AMBIENTALMENTE</b>	
SENSIBLES .....	58
<b>FIGURA 2.40. PLATAFORMA INTEGRADA CON EQUIPOS</b>	
CONTENERIZADOS (PLANTA ELÉCTRICA HYUNDAI, 47.6MW,	
CUBA) .....	59
<b>FIGURA 2.41. FACTIBILIDAD PARA OPERACIÓN Y LABORES DE</b>	
MANTENIMIENTO .....	59
<b>FIGURA 2.42. DISEÑO A MEDIDA DE UN PCR CONTENERIZADO.....</b>	<b>60</b>
<b>FIGURA 2.43. PROTOTIPO SALA CONTENERIZADA STAND ALONE .....</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 2.44. SELLADO Y HERMETICIDAD PCR CONTENERIZADO .....</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 2.45. PCR CONTENERIZADO DE DIMENSIONES Y</b>	
CARACTERÍSTICAS MANEJABLES, CON AISLAMIENTO TÉRMICO,	
FACILIDADES PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, SERVICIOS	
AUXILIARES Y SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN .....	62

<b>FIGURA 2.46.</b> DISEÑO ESTRUCTURAL, DEFORMACIONES APLICADAS ...	63
<b>FIGURA 2.47.</b> INTEGRACIÓN MULTIDISCIPLINARIA PARA FABRICACIÓN DE UN PCR CONTENERIZADO .....	63
<b>FIGURA 2.48.</b> DOSSIER DE CALIDAD PCR CONTENERIZADO .....	64
<b>FIGURA 2.49.</b> DISEÑO DE PCR CONTENERIZADO ADECUADO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA EN MEDIA TENSIÓN.....	64
<b>FIGURA 2.50.</b> LOCACIÓN REMOTA DENTRO DE ZONA PROTEGIDA, BLOQUE 31.....	65
<b>FIGURA 2.51.</b> EXPLORACIÓN, PERFORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO .....	66
<b>FIGURA 2.52.</b> PCR CONTENERIZADO OFF-SHORE.....	67
<b>FIGURA 2.53.</b> ESTACIÓN DE BOMBEO OLEODUCTO - OCP.....	68
<b>FIGURA 3.1.</b> ZONAS CLASIFICADAS APLICABLES PARA UN PCR CONTENERIZADO .....	83
<b>FIGURA 3.2.</b> VISTA Y ANÁLISIS DE MODELO ESTRUCTURAL .....	89
<b>FIGURA 3.3.</b> ANÁLISIS DE CONDICIONES DE IZAJE.....	90
<b>FIGURA 3.4.</b> AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN TIPO TORRE .....	94
<b>FIGURA 3.5.</b> AIRE ACONDICIONADO DE SEMI-PRECISIÓN TIPO MOCHILA .....	94
<b>FIGURA 3.6.</b> AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT .....	95
<b>FIGURA 3.7.</b> ACCESORIOS PARA SOPORTES DE BANDEJAS Y CONDUIT .	96
<b>FIGURA 3.8.</b> RUTA DE BANDEJA PORTA-CABLES Y SOPORTERÍA.....	98
<b>FIGURA 3.9.</b> CONDUIT RMC / IMC Y ACCESORIOS .....	100
<b>FIGURA 3.10.</b> CONDUIT METÁLICO FLEXIBLE Y ACCESORIOS .....	102

<b>FIGURA 3.11.</b> ACCESORIOS DE INSTALACIÓN DE CONDUIT.....	104
<b>FIGURA 3.12.</b> CONDULETAS.....	105
<b>FIGURA 3.13.</b> CONSTITUCIÓN DE UN CONDUCTOR ELÉCTRICO.....	112
<b>FIGURA 3.14.</b> CABLES MONO-CONDUCTOR Y MULTI-CONDUCTOR .....	113
<b>FIGURA 3.15.</b> SISTEMA DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS ...	119
<b>FIGURA 3.16.</b> CONFIGURACIÓN DE ELEMENTOS PARA SISTEMA DE EXTINCIÓN .....	121
<b>FIGURA 3.17.</b> SISTEMA DE ILUMINACIÓN .....	126
<b>FIGURA 3.18.</b> ILUMINACIÓN INTERNA PCR WATI REPSOL.....	129
<b>FIGURA 3.19.</b> CONEXIONADO LUMINARIA, INTERRUPTOR.....	130
<b>FIGURA 3.20.</b> LÁMPARA PARA EXTERIORES CROUSE HINDS.....	130
<b>FIGURA 3.21.</b> SEÑALÉTICA LUMINOSA DE SALIDAS DE EMERGENCIA. ....	131
<b>FIGURA 3.22.</b> TOMACORRIENTE MONOFÁSICO (FASE+N+GND).....	133
<b>FIGURA 3.23.</b> CIRCUITO DE TOMACORRIENTE DESDE TABLERO DE DISTRIBUCIÓN .....	136
<b>FIGURA 3.24.</b> TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN PCR PALO AZUL PAM .....	139
<b>FIGURA 3.25.</b> UPS'S ON-LINE APC DE 1KVA A 10KVA .....	148
<b>FIGURA 3.26.</b> CONFIGURACIÓN UPS ON-LINE .....	150
<b>FIGURA 3.27.</b> CONFIGURACIÓN RECTIFICADOR – CARGADOR .....	154
<b>FIGURA 3.28.</b> RECTIFICADOR – CARGADOR MDS POWER 125VDC.....	155
<b>FIGURA 3.29.</b> PANEL DE COMUNICACIONES ETHERNET / FO .....	159
<b>FIGURA 3.30.</b> ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN PCR .....	160
<b>FIGURA 3.31.</b> COMUNICACIÓN PCR A SCADA CENTRAL / ETHERNET - FO .....	160

<b>FIGURA 3.32.</b> SISTEMA DE TIERRA PCR WATI REPSOL.....	161
<b>FIGURA 3.33.</b> TRANSFORMADOR SECO Y PAD MOUNTED .....	167
<b>FIGURA 3.34.</b> SWITCHGEAR ABB UNIGEAR .....	172
<b>FIGURA 3.35.</b> ESQUEMA DE APLICACIÓN TÍPICA DE UN SWITCHGEAR	175
<b>FIGURA 3.36.</b> ESTRUCTURA DE SWITCHGEAR – COMPARTIMIENTOS ...	176
<b>FIGURA 4.1.</b> ARQUITECTURA PCR CONTENERIZADO ESTÁNDAR - PROPUESTA.....	187
<b>FIGURA 4.2.</b> ARQUITECTURA DE PCR CONTENERIZADO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA EN MEDIA TENSIÓN PARA USO EN PLATAFORMAS PETROLERAS .....	188
<b>FIGURA 4.3.</b> UPS 4KVA 209.3/121VAC, CURVA DE TIEMPO VS. CARGA...	190
<b>FIGURA 4.4.</b> FACILIDADES DE INTEGRACIÓN DE PCR CONTENERIZADO A MALLA DE TIERRA DE PLATAFORMA .....	195
<b>FIGURA 4.5.</b> SISTEMA DE TIERRA CON ANILLO INTERIOR HALO.....	196
<b>FIGURA 4.6.</b> ARQUITECTURA DE PCR CONTENERIZADO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA EN MEDIA TENSIÓN PARA USO EN PLATAFORMAS PETROLERAS Y CRITERIO DE OPERACIÓN.....	199
<b>FIGURA 4.7.</b> “CONTROL DUAL” DE AIRES ACONDICIONADOS PLAC -CP-AC-001 .....	200
<b>FIGURA 4.8.</b> HOJA DE RESULTADOS LUXICON – AREA 1 .....	211
<b>FIGURA 4.9.</b> HOJA DE RESULTADOS LUXICON – AREA 2 .....	213
<b>FIGURA 4.10.</b> LÁMPARA P33092-36 SYLVANIA .....	214
<b>FIGURA 4.11.</b> LÁMPARA LMV2TW100GGP/120 CROUSE HINDS .....	215
<b>FIGURA 4.12.</b> LÁMPARA DE EMERGENCIA E45 SYLVANIA .....	216

<b>FIGURA 4.13.</b> LÁMPARA DE SALIDA E50 SYLVANIA.....	216
<b>FIGURA 4.14.</b> TOMACORRIENTE DOBLE 5362 LEVITON .....	219
<b>FIGURA 4.15.</b> DETALLE DE PARED DE CUARTO ELÉCTRICO .....	225
<b>FIGURA 4.16.</b> DETALLE DE TECHO DE CUARTO ELÉCTRICO.....	228
<b>FIGURA 4.17.</b> AIRE ACONDICIONADO TIPO MOCHILA LIEBERT INTELECOOL.....	234
<b>FIGURA 4.18.</b> SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGÍA EN VAC DEL PCR...	236
<b>FIGURA 4.19.</b> TIEMPO DE AUTONOMÍA DE UPS SYH4K6RMT-P1 CON 4 MÓDULOS SYRMXR4B4.....	238
<b>FIGURA 4.20.</b> SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGÍA EN VDC DEL PCR...	239
<b>FIGURA 4.21.</b> CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA 125VDC.....	243
<b>FIGURA 4.22.</b> ARREGLO DE BATERÍAS SISTEMA VDC DEL PCR.....	245
<b>FIGURA 4.23.</b> CARGADOR DE BATERÍAS MSD POWER .....	246
<b>FIGURA 4.24.</b> ESQUEMA DEL SISTEMA DE CONTROL DE INCENDIOS ....	276
<b>FIGURA 4.25.</b> SISTEMA CONTRA INCENDIOS, CONFIGURACIÓN CIRCUITO CLASE A.....	278
<b>FIGURA 4.26.</b> DETECTOR DE HUMO.....	279
<b>FIGURA 4.27.</b> UBICACIÓN DE DISPOSITIVOS DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DEL PCR .....	282
<b>FIGURA 4.28.</b> TABLERO DE COMUNICACIONES SWITCH / FO.....	286
<b>FIGURA 4.29.</b> TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN PLAC-DP-001 / PLAC-DP -UPS-001.....	288
<b>FIGURA 4.30.</b> TABLA DE POTENCIAS, FACTOR DE POTENCIA.....	295
<b>FIGURA 4.31.</b> DISPOSICIÓN DEL TRANSFORMADOR PLAC-TRP-001 .....	298

<b>FIGURA 4.32.</b> TRANSFORMADOR PADMOUNTED 75KVA .....	300
<b>FIGURA 4.33.</b> TRAFICO DE CABLES POR BANDEJA DEL PCR, CASO MÁS CRÍTICO.....	313
<b>FIGURA 4.34.</b> TRAFICO DE CABLES POR CONDUIT DEL PCR, CASO MÁS CRÍTICO.....	318
<b>FIGURA 4.35.</b> BARRA DE CONEXIÓN DE SISTEMA DE TIERRA DE PCR CONTENERIZADO CON ESTRUCTURA Y FACILIDADES DE CONEXIONADO A MALLA DE TIERRA DE PLATAFORMA .....	322
<b>FIGURA 4.36.</b> BARRA DE CONEXIÓN DE SISTEMA DE TIERRA DE PCR AISLADA DE ESTRUCTURA Y FACILIDADES DE CONEXIONADO A MALLA DE TIERRA DE PLATAFORMA .....	322
<b>FIGURA 4.37.</b> ATERRIZADO DEL SWITCHGEAR .....	323

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 2.1.</b> CLASIFICACIÓN DEL PETRÓLEO EN FUNCIÓN DE SU GRADO API .....	25
<b>TABLA 2.2.</b> PRODUCCIÓN NACIONAL DEL PETRÓLEO 2012 AL 2014 .....	40
<b>TABLA 2.3.</b> EXPORTACIÓN DE CRUDO .....	41
<b>TABLA 3.1.</b> NORMAS Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS APLICABLES EN LA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE UNA SALA DE CONTROL ELÉCTRICA CONTENERIZADA .....	73
<b>TABLA 3.2.</b> GRADO DE ESTANQUEIDAD CONFORME NEMA 250.....	77
<b>TABLA 3.3.</b> GRADO DE ESTANQUEIDAD CONFORME IEC 60529 .....	79
<b>TABLA 3.4.</b> TABLA CRUZADA, GRADO DE ESTANQUEIDAD IEC VS. NEMA.....	81
<b>TABLA 3.5.</b> DATOS PRELIMINARES DE DISEÑO DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN .....	91
<b>TABLA 3.6.</b> CABLE DE POTENCIA DE MEDIA TENSIÓN 15KV .....	108
<b>TABLA 3.7.</b> CABLE DE POTENCIA DE BAJA TENSIÓN 600V .....	108
<b>TABLA 3.8.</b> CABLE DE CONTROL 600V .....	109
<b>TABLA 3.9.</b> CABLE DE INSTRUMENTACIÓN 300V .....	109
<b>TABLA 3.10.</b> TIPOS DE INCENDIOS .....	122
<b>TABLA 3.11.</b> LÁMPARAS SUGERIDAS PARA ILUMINACIÓN INTERNA Y EXTERNA EN UN PCR.....	128
<b>TABLA 3.12.</b> CARACTERÍSTICAS DE TOMACORRIENTES USADOS EN PCR CONTENERIZADO .....	133

<b>TABLA 3.13.</b> DP 120/240VAC 1PH-3H CUTLER-HAMMER .....	140
<b>TABLA 3.14.</b> DP 120/208VAC 3PH-4H CUTLER HAMMER.....	141
<b>TABLA 3.15.</b> DP 480VAC 3PH-3H CUTLER HAMMER.....	141
<b>TABLA 3.16.</b> DP 125/250VDC 2H CUTLER HAMMER .....	141
<b>TABLA 3.17.</b> DIMENSIONAMIENTO DE MAIN BREAKER 120/240VAC 1PH.....	147
<b>TABLA 3.18.</b> DIMENSIONAMIENTO DE MAIN BREAKER 120/208VAC 3PH.....	147
<b>TABLA 3.19.</b> DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTOR DE TIERRA DE EQUIPOS EN FUNCIÓN DE CAPACIDAD DE CORRIENTE.....	165
<b>TABLA 3.20.</b> TIPOS DE SWG ARC-RESISTANT Y APLICACIONES .....	180
<b>TABLA 4.1.</b> PANELES DE DISTRIBUCIÓN PLAC-DP-001 / PLAC-DP-UPS -001 .....	189
<b>TABLA 4.2.</b> CARACTERÍSTICAS UPS 4KVA 209.3/121VAC.....	191
<b>TABLA 4.3.</b> DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE AIRES ACONDICIONADOS... ..	192
<b>TABLA 4.4.</b> NIVELES DE ILUMINACIÓN PARA CUARTOS ELÉCTRICOS CONFORME API 540 .....	193
<b>TABLA 4.5.</b> DESCRIPCIÓN DE LÁMPARAS PARA SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	194
<b>TABLA 4.6.</b> SEÑALES DE CONTROL (IN/OUT) DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS .....	201
<b>TABLA 4.7.</b> LISTA DE EQUIPOS ELÉCTRICOS DE PCR CONTENERIZADO .....	205

<b>TABLA 4.8.</b> LISTA DE ELEMENTOS DE INSTRUMENTACIÓN DE PCR CONTENERIZADO.....	206
<b>TABLA 4.9.</b> NIVELES DE ILUMINACIÓN PARA PLANTAS INDUSTRIALES PETROLERAS .....	208
<b>TABLA 4.10.</b> RESULTADOS DE CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN AREA 1 ...	211
<b>TABLA 4.11.</b> RESULTADOS DE CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN AREA 2....	212
<b>TABLA 4.12.</b> ESPECIFICACIÓN DE LÁMPARA PARA INTERIOR DEL PCR	214
<b>TABLA 4.13.</b> ESPECIFICACIÓN DE LÁMPARA PARA EXTERIOR DEL PCR.....	215
<b>TABLA 4.14.</b> ESPECIFICACIÓN DE LÁMPARA DE EMERGENCIA DEL PCR.....	216
<b>TABLA 4.15.</b> ESPECIFICACIÓN DE LÁMPARA DE SALIDA DEL PCR.....	216
<b>TABLA 4.16.</b> DATOS Y RESULTADOS DE CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA POR PARED PARA ZONA DE “EQUIPOS ELÉCTRICOS” .....	226
<b>TABLA 4.17.</b> DATOS Y RESULTADOS DE CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA POR PARED PARA ZONA DE BATERÍAS” .....	227
<b>TABLA 4.18.</b> DATOS Y RESULTADOS DE CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA POR TECHO PARA ZONA DE “EQUIPOS ELÉCTRICOS” .....	228
<b>TABLA 4.19.</b> DATOS Y RESULTADOS DE CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA POR TECHO PARA ZONA DE “BATERÍAS“ .....	229
<b>TABLA 4.20.</b> DATOS Y RESULTADOS DE CÁLCULO DE CARGA POR OCUPACIÓN. ....	230
<b>TABLA 4.21.</b> CÁLCULO DE CARGA POR EQUIPOS INTERNOS EN EL CUARTO DE “EQUIPOS ELÉCTRICOS” .....	231

<b>TABLA 4.22.</b> CÁLCULO DE CARGA POR EQUIPOS INTERNOS EN CUARTO DE “BATERÍAS” .....	231
<b>TABLA 4.23.</b> POTENCIA DEMANDA DEL UPS POR CARGAS DEL PCR .....	236
<b>TABLA 4.24.</b> POTENCIA DEMANDA DEL UPS POR CARGAS DEL PCR .....	240
<b>TABLA 4.25.</b> CARACTERÍSTICAS DE DETECTOR DE HUMO .....	280
<b>TABLA 4.26.</b> DETECTORES DE HUMO, DISPOSICIÓN Y TAG .....	280
<b>TABLA 4.27.</b> DISPOSITIVOS DE ALARMA, DISPOSICIÓN Y TAG .....	281
<b>TABLA 4.28.</b> DISPOSITIVOS DE ACCIONAMIENTO MANUAL, DISPOSICIÓN Y TAG .....	282
<b>TABLA 4.29.</b> DESCRIPCIÓN TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN PLAC-DP-001 / PLAC-DP-UPS-001 .....	288
<b>TABLA 4.30.</b> CARGAS DEL PANEL PLAC-DP-001 .....	289
<b>TABLA 4.31.</b> CARACTERÍSTICAS PLAC-DP-001 .....	291
<b>TABLA 4.32.</b> CARGAS DEL PANEL PLAC-DP-UPS-001 .....	291
<b>TABLA 4.33.</b> CARACTERÍSTICAS PLAC-DP-UPS-001 .....	292
<b>TABLA 4.34.</b> ANÁLISIS DE CARGAS PCR.....	294
<b>TABLA 4.35.</b> ANÁLISIS DE CARGAS PARA TRANSFORMADOR PLAC -TRP-001 .....	299
<b>TABLA 4.36.</b> CRITERIOS Y SELECCIÓN DE CABLES DE PODER DEL PCR CONTENERIZADO .....	305
<b>TABLA 4.37.</b> SECCIÓN TRANSVERSAL DE CABLES EN MM <sup>2</sup> , MCM Y AWG .....	307
<b>TABLA 4.38.</b> CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN DE CABLES DE PODER DEL PCR .....	308

<b>TABLA 4.39.</b> CÁLCULO DE ÁREA TRANSVERSAL TOTAL DE TRÁFICO DE CABLES DEL PCR POR BANDEJA, CASO MÁS CRÍTICO .....	314
<b>TABLA 4.40.</b> CÁLCULO DE ÁREA TRANSVERSAL TOTAL DISPONIBLE EN BANDEJA DE 6"X4" .....	314
<b>TABLA 4.41.</b> CÁLCULO DE ÁREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL TOTAL DE TRÁFICO DE CABLES DEL PCR POR CONDUIT, CASO MÁS CRÍTICO.....	318
<b>TABLA 4.42.</b> CÁLCULO DE ÁREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL TOTAL DISPONIBLE EN UN TUBO CONDUIT DE ¾" .....	319

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

<b>ECUACIÓN 4.1. TOTAL DE CARGAS TÉRMICAS A SER DISIPADAS.....</b>	<b>224</b>
<b>ECUACIÓN 4.2. CÁLCULO DE CARGA POR TRANSFERENCIA DE CALOR A TRAVÉS DE PAREDES.....</b>	<b>224</b>
<b>ECUACIÓN 4.3. CONDICIONES DE PARED Y VIENTO 1 .....</b>	<b>225</b>
<b>ECUACIÓN 4.4. CONDICIONES DE PARED Y VIENTO 2 .....</b>	<b>225</b>
<b>ECUACIÓN 4.5. CORRIENTE REQUERIDA DEL BANCO DE BATERÍAS SISTEMA VDC .....</b>	<b>244</b>
<b>ECUACIÓN 4.6. ENERGÍA QUE DEMANDAN 80A @ 125VDC EN 1,5 HORAS. ....</b>	<b>244</b>
<b>ECUACIÓN 4.7. CORRIENTE DE CELDA DE SALIDA DEL PLAC-SWG-001 .....</b>	<b>247</b>
<b>ECUACIÓN 4.8. CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN EN CABLES DE PODER DEL PCR.....</b>	<b>306</b>

## **RESUMEN**

Una Sala de Control Eléctrico Contenerizada, llamado PCR por sus siglas en Inglés “Power Control Room”, es un centro de operaciones especial que proporciona a la industria petrolera, la capacidad de supervisar y controlar las operaciones de distribución de energía en todas las etapas de la cadena de tratamiento del crudo. Su estructura y tecnología brinda la seguridad y facilidades operativas, para concentrar dentro de una misma sala equipos de potencia para distribución de energía, así como equipos para monitoreo y control de la energía a ser suministrada. Las propiedades implícitas en un PCR, permiten integrar y concentrar todas las operaciones referentes al suministro de energía en un mismo centro de procedimientos, lo cual representa ventajas a nivel operativo y de optimización energética. Su uso aplica en varios tipos de industria y las funciones que ejecuta son en varios niveles de voltaje, de modo que su aplicación se proyecta en baja y media tensión, estando en capacidad de contener, integrar y gestionar una variada gama de equipos y sistemas eléctricos y electrónicos.

## **PALABRAS CLAVE**

CUARTO DE CONTROL ELÉCTRICO

SWITCHGEAR.

PANEL DE DISTRIBUCIÓN.

TRANSFORMADOR.

SISTEMA CONTRA INCENDIOS.

## **ABSTRACT**

A Power Control Room, “PCR”, Containerized is a special operations center which provides the oil industry, the ability to monitoring and controlling the power distribution operations in all stages of treatment chain oil. Its structure and technology provides safety and operational facilities, to concentrate in one room power equipment for power distribution and monitoring and control equipment for power to be supplied. PCR’s implicit properties can integrate and concentrate all operations relating to energy supply in the same center procedures, which represents operating advantages and energy optimization. It’s used in various industries and its functions are executed in various voltage levels, so that your application is projected in low and medium voltage, being able to contain, integrate and manage a wide range of electrical equipment and electronic systems.

## **KEYWORDS**

POWER CONTROL ROOM.

SWITCHGEAR.

DISTRIBUTION PANEL.

TRANSFORMER.

FIRE SYSTEM.

## **1. CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE UNA SALA DE CONTROL ELÉCTRICO CONTENERIZADA.**

#### **1.1. INTRODUCCIÓN.**

El presente proyecto de grado tiene como objetivo desarrollar la Ingeniería conceptual, básica y de detalle de una Sala de Control Eléctrica Contenerizada para distribución de energía en baja y media tensión en una plataforma de operación petrolera, conforme las buenas prácticas técnicas aplicables en el Ecuador.

Las Salas de Control Eléctricas Contenerizadas se emplean como Sub-estaciones transportables para distribuir la energía eléctrica en media tensión y baja tensión, en plataformas y áreas de producción donde, por ventajas técnicas, logísticas, económicas o ambientales, es más conveniente éste tipo de Salas que instalar Sub-estaciones con un alto porcentaje de obra civil permanente. Así se torna visible el beneficio en minas de tajo abierto, refinerías, zonas de extracción y producción de crudo (On-shore y Off-shore), instalaciones con ambientes con alto contenido de contaminación, zonas ambientalmente protegidas, etc.

Dichas Salas Eléctricas deben construirse completamente equipadas en fábrica, preparadas para instalarlas sobre bases pequeñas de concreto o acero, facilitando todas las condiciones que permitan una rápida puesta en servicio.

Las Salas de Control Eléctricas son llamadas PCR, por sus siglas en inglés “Power Control Room” (Powell, 2003).

El desarrollo de la ingeniería conceptual, ingeniería básica e ingeniería de detalle para una Sala de Control Eléctrica Contenerizada permitirá establecer los hitos que garantizan las condiciones técnicas adecuadas para construcción de la mencionada Sala Eléctrica, que en resumen son los listados a continuación:

- a) Análisis de viabilidad técnica para desarrollo del proyecto.
- b) Planeación preliminar clara del PCR Contenerizado Estándar para aplicación en actividades de distribución de energía dentro de una operadora petrolera.
- c) Análisis de distribución de elementos, revisión técnica de características de elementos a integrar en el PCR y de ubicación de estos, verificando el cumplimiento de normas y estándares de seguridad y operatividad.
- d) Desarrollo de la filosofía de operación, documentación técnica con dimensionamiento y diseños de ruteos, equipos y sistemas, eléctricos, electrónicos, de instrumentación y control del PCR.
- e) Generación de documentos y planos de ingeniería, así como el plan de calidad específico pertinente para la ingeniería desarrollada.

La Figura 1.1. muestra una Sala de Control Eléctrica Contenerizada estándar.



**Figura 1.1. PCR Powell – GE**

**Fuente: (Powell, 2014, p. 3)**

El estándar típico de un PCR en lo que a características constructivas se refiere son base de perfiles y canales de acero estructural, cubierto con planchas de acero de alta resistencia para posibilitar el desplazamiento de cargas pesadas en el interior de la Sala Eléctrica. El piso queda preparado para el anclaje de Celdas de Media y Baja Tensión y cualquier otro equipamiento necesario, así como también permite el paso de los cables de fuerza y control a lo largo del interior y hacia el exterior de la Sala Eléctrica.

La base también incluye soportes tipo cáncamo de acero para permitir el izamiento con grúas de alta capacidad de carga.

Las paredes y techo disponen de aislamiento térmico y acústico y están construidas con planchas y paneles tipo mono-wall con relleno de poliuretano no combustible.

En los casos donde se requieran Salas Eléctricas muy grandes, éstas se construyen en varias secciones a fin de permitir su transporte terrestre o marítimo. Para el presente proyecto la Sala Eléctrica será en un solo cuerpo, un solo cuarto capaz de transportarse mediante cama alta.

Las puertas disponen de cerraduras anti-pánico, cerraduras y bisagras para trabajo pesado, empaquetaduras, sistema de cierre automático, empaquetaduras, aislamiento térmico y acústico.

Todas las partes metálicas disponen de conexión a tierra y la base de la sala eléctrica dispone de varios puntos para su conexión al sistema de puesta a tierra exterior.

En síntesis, el equipamiento típico considerado en la mayoría de las Salas Eléctricas Contenerizadas es:

- a) Celdas de media y baja tensión, a través de SWG's (Equipos Eléctricos de Conexión en Media Tensión) y MCC's (Motor Control Center ó Centro de Control de Motores en Baja Tensión) (CAN-TECHNOLOGIES, 2009).
- b) Tableros de distribución de baja tensión.
- c) Sistema de respaldo de energía VAC, UPS y banco de baterías.
- d) Sistema de respaldo de energía VDC, rectificador y banco de baterías.

- e) Tableros de PLC's, computadores de sistemas SCADA, controladores dedicados, tableros de comunicaciones.
- f) Transformadores de distribución en baja y media tensión.
- g) Sistema de iluminación interior, exterior y de emergencia.
- h) Sistemas de detección y/o extinción de fuego y humo.
- i) Sistema de bandejas porta-cables, ductos y conduit.
- j) Ruteo de cables de potencia, control, instrumentación y comunicaciones.
- k) Soportería para equipos, tableros, bandejas, ductos y conduit.
- l) Sistema de climatización con aires acondicionados.
- m) Señalética de seguridad, protección personal y de maniobras.
- n) Puertas de seguridad con mecanismo anti-pánico.

## **1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN PCR CONTENERIZADO**

Una Sala de Control Eléctrico, PCR, es un centro de operaciones especial que proporciona a las diferentes tipos de industrias, incluyendo la petrolera, la capacidad de supervisar y controlar las operaciones de distribución de energía de sus instalaciones (Potencia). Su estructura y tecnología brinda las facilidades para concentrar dentro de una misma sala equipos de potencia para distribución de energía, así como equipos para monitoreo y control de la energía a ser entregada a una determinada planta de producción. Estas características de un PCR permiten integrar y concentrar todas las operaciones referentes al suministro de energía en un

mismo centro de procedimientos, lo cual representa ventajas a nivel operativo y de optimización energética.

Un PCR ofrece soluciones de suministro y control de energía en industrias de diferente índole, ya sea minera, petrolera, telecomunicaciones, agua potable, centrales nucleares, generadoras hidroeléctricas, generadoras de energía alternativa, etc., y sus funciones se ejecutan a varios niveles, es así que se puede concentrar o integrar generadores, transformadores, Switchgears (SWG's), centros de control de motores (MCC's), variadores de frecuencia (VSD's), bombas, tableros de distribución, tableros de PLC's de procesos, tableros de PLC's de seguridad, sistemas ininterrumpidos de energía (UPS's), sistemas rectificadores, tableros de transferencia, bancos de baterías, racks y tableros de comunicación, filtros para control de armónicos, computadores o equipos dedicados para interfaces HMI e instrumentación específica ya sean estos switches o transmisores de nivel, presión, flujo, temperatura, etc.

Un PCR en función de su aplicación y de la industria a la que esté vinculado presenta características definidas, dependiendo del fabricante estas características son estándar y personalizadas ya que adicional a su aporte en las actividades de producción debe poseer características propias de seguridad y comodidad que garanticen su funcionalidad, como son un sistema de detección y extinción de incendios, un diseño estructural y de cubierta acorde a los equipos contenidos en él, una adecuada distribución de elementos internos, un sistema de climatización,

sistema de iluminación y señalética adecuada. Estos parámetros estándar del PCR se rigen a normativas operativas y de seguridades locales e internacionales.

Los PCR's son diseñados en dos modalidades, de forma estática cuando estos se ubican en estructuras metálicas o de concreto de forma definitiva, y de forma móvil cuando estos son construidos en estructuras metálicas tipo Skid o Contenerizado, lo cual permite que su traslado sea factible siempre que este procedimiento sea requerido. Evidentemente cada una de estas modalidades de diseño de PCR's obedecen a parámetros técnicos y normativas diferentes. En el caso de un PCR estático, presenta facilidades para ser montado en un recinto donde su integración se realiza considerando que sus elementos periféricos en adelante no tendrán cambios circunstanciales, ahora en el caso de un PCR tipo Skid, este presenta características que permiten su integración y nueva movilización de la forma más simple posible pero garantizando siempre un buen desempeño y seguridad. La Figura 1.2. muestra la implantación de un PCR Estático Vs. Un PCR Contenerizado de características móviles.



**Figura 1.2. PCR Estático y PCR Contenerizado Móvil**

**Fuente: (Powell, 2014)**

Empresas dedicadas a la fabricación de PCR's existen a nivel local e internacional, donde las empresas internacionales basan sus diseños de acuerdo a las normativas internacionales y propias de cada país de origen, en tal motivo poseen certificaciones que garantizan su calidad y procedimientos de fabricación. Las empresas nacionales basan sus diseños en normas internacionales, sin embargo, por ser los PCR's un nuevo campo de acción dentro de la industria tecnológica nacional, aún no poseen certificaciones globales.

La factibilidad de concentrar todas las acciones de control y monitoreo de distribución eléctrica en un solo centro de procedimientos brinda ventajas operativas y de aprovechamiento energético, ya que simplifica y efectiviza el trabajo del personal vinculado a actividades de suministro de energía eléctrica y permite que las acciones operativas y de mantenimiento se desarrollen con un eficiente aprovechamiento de energía. Una Sala de Control Eléctrica PCR permite la integración de todas las actividades eléctricas en un solo punto de operaciones con las bondades que esto representa.

Dentro de la industria petrolera, debido su amplio campo de acción dentro de las actividades de exploración de crudo, extracción de crudo, transporte de crudo, generación de energía y producción para tratamiento del crudo, es una necesidad que sus instalaciones estén sometidas a cambios de forma frecuente en lo que a distribución de energía se refiere, estos cambios en ocasiones pueden ser sustanciales dependiendo de la necesidad de la empresa operadora. Los cambios dentro de las

zonas de producción y generación regularmente suelen ser para expansión de las instalaciones y en pos de que la capacidad de producción aumente, por otro lado las modificaciones en las áreas de extracción y transporte requieren expansión de instalaciones para aumentar la capacidad de bombeo de crudo desde su yacimiento hasta la zona de producción o a su vez el traslado en su totalidad de la infraestructura de distribución eléctrica desde una plataforma de pozo a otra. Un PCR por sus características implícitas tiene las prestaciones para asumir las variantes que suelen darse en todos los niveles de tratamiento de crudo en particular en las áreas de extracción y transporte de crudo, donde el contar con una sala eléctrica consolidada y con carácter de transportable es beneficioso. La Figura 1.3. muestra lo funcional de implementar toda una plataforma de producción solo integrando Salas Contenerizadas.



**Figura 1.3. Planta Eléctrica Contenerizada Hyundai-Himsen 9H21/32 X 28Sets /  
47.6MW / Cuba**

**Fuente:** (HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO. LTD., 2011, p. 4)

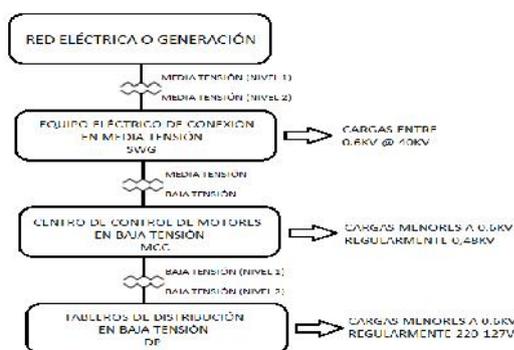
El diseño y construcción de un PCR para la industria petrolera debe considerar, conforme las necesidades de la empresa operadora, un ambiente que

brinde comodidad y versatilidad al personal que se haga cargo de esta sala de distribución de energía y conforme los estándares internacionales y locales, los sistemas de climatización y seguridad pertinentes en función de la capacidad de esta sala. Un PCR es diseñado respetando básicamente las buenas prácticas técnicas recomendadas por las normas y estándares API, ISA, NEMA, NFPA y NEC, ASTM, ANSI, IEEE, ICEA, UL, AISC, AWS, ASCE, IBC y CEC lo cual garantiza lo siguiente:

- a) Condiciones de comodidad para el personal operador, mediante sistemas de iluminación, facilidades de servicios auxiliares y medios ergonómicos adecuados.
- b) Infraestructura sólida y segura para la libre ubicación y montaje de equipos, mediante un buen diseño estructural y eléctrico, considerando las características geográficas y tipo suelo donde se operará el PCR.
- c) Condiciones adecuadas de seguridad y salud en el ambiente de trabajo.
- d) Seguridad en la manipulación y operación de equipos eléctricos y electrónicos.
- e) Medidas de detección y extinción de incendios mediante sistemas SCI.

- f) Ambiente adecuado para una operación eficiente de los equipos eléctricos y electrónicos mediante el uso de sistemas de climatización con aires acondicionados.
- g) Impacto ambiental mínimo en la zona intervenida.

En tal motivo un PCR diseñado de acuerdo a las normas pertinentes permite que el personal que labore en su infraestructura se desenvuelva en un ambiente que garantiza su seguridad y su salud, así mismo permite un desempeño eficiente de los equipos eléctricos y electrónicos dentro de un ambiente seguro y climatizado para obtener su máxima eficiencia. Además, respetando estas mismas normativas, un PCR Contenerizado puede tener capacidad suficientemente para atender las actividades que las fases de extracción y producción requieren, donde valores que se han considerado estándar para este proyecto son en un nivel de tensión de 13,8KV, la Figura 1.4. establece los niveles de tensión que podrá suministrar la Sala Eléctrica desde sus celdas de 13,8KV.



**Figura 1.4. Niveles de Tensión Típicos en un PCR Contenerizado**

**Fuente: (PIL, 2013)**

Conforme estipula el Conelec, Consejo Nacional de Electricidad, en el Ecuador los niveles de tensión se definen del siguiente modo (CONELEC, 2002).

- a) Baja Tensión: Voltaje hasta 600V.
- b) Media Tensión: Voltaje entre 600V y 40KV.
- c) Alta Tensión: Voltaje mayor a 40KVA.

Si bien es cierto existen fabricantes reconocidos de PCR's Contenerizados (en Skid) a nivel mundial, se debe tener en cuenta que su construcción, importación, servicios especializados de pre comisionado, comisionado y arranque llegan a tener costos muy elevados, adicionalmente acciones de mantenimiento preventivo o correctivo representan costos adicionales altos, ya que esto incide en apoyarse en técnicos especializados de fuera del país. Los fabricantes locales están empezando a llevar a cabo la ingeniería y construcción de PCR's contenerizados apeándose a normas internacionales lo cual permite su ensamblaje con la integración de materia prima y equipos locales e importados, esto permite disminuir costos significativamente y que cada una de las empresas operadoras junto con las empresas proveedoras locales puedan ajustar su diseño de forma personalizada en base a varias revisiones, e incluso redefinir el diseño, en la medida de lo posible, ya en fase de construcción.

La personalización del diseño del PCR así como los reajustes en su fase de ingeniería y construcción no representan mayor costo adicional, debido a que para

todas estas actividades el soporte de servicio es con personal local, así mismo para las fases de pre comisionado, comisionado y arranque el soporte es local.

Por todo lo mencionado, el proyecto “Ingeniería conceptual, ingeniería básica, ingeniería de detalle de una Sala de Control Eléctrico Contenerizado para suministro de energía en baja y media tensión en plataformas de operación petrolera” se justifica en que su ingeniería y construcción puede llevarse a cabo en el Ecuador bajo el mismo estándar internacional y conservando las mismas prestaciones pero a menor costo y con mejor tiempo de respuesta en servicio especializado. Adicionalmente permite el desarrollo de una nueva área tecnológica que aún no ha sido explotada eficientemente y que contribuirá en la creación de nuevas plazas de trabajo para ingenieros y técnicos.

### **1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

El presente proyecto de grado contempla el desarrollo de ingeniería conceptual, ingeniería básica e ingeniería de detalle, de una Sala de Control Eléctrica Contenerizada PCR para suministro de energía en baja y media tensión en plataformas de operación petrolera, estandarizándola conforme las siguientes normas:

- a) American Petroleum Institute (API).
- b) International Society of Automation (ISA).

- c) National Electrical Manufacturers Association (NEMA).
- d) National Fire Protection Association (NFPA).
- e) American Society for Testing Materials (ASTM)
- f) American National Standards Institute (ANSI)
- g) Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
- h) Insulated Cable Engineers Association (ICEA)
- i) Underwriters Laboratories Inc. (UL)
- j) American Society of Mechanical Engineers (ASME)
- k) American Institute of Steel Construction (AISC).
- l) American Welding Society (AWS).
- m) American Society of Civil Engineers (ASCE).
- n) International Building Code (IBC).
- o) Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC)

De forma específica el proyecto contempla un PCR Contenerizado para suministro de energía desde un Switch Gear de 13,8KV – 3PH a 1250A, con centros de distribución secundarios a 209.3/121VAC.

La ingeniería conceptual plantea los conceptos e ideas iniciales del proyecto, en tanto definirá los siguientes aspectos:

- a) Viabilidad técnica.
- b) Planificación del proyecto.

- c) Requerimientos técnicos en base a la aplicación del PCR.

La ingeniería básica contempla el desarrollo de tareas específicas, en consecuencia las actividades a llevarse a cabo son las siguientes:

- a) Revisión técnica de características de elementos a integrar en el PCR y de ubicación de estos en su interior, verificando el cumplimiento de normas y estándares de seguridad y operatividad.
- b) Desarrollo de filosofía de operación del PCR.
- c) Desarrollo de hojas técnicas generales y de componentes.
- d) Diseño estructural del PCR, análisis mecánico, civil y arquitectónico.
- e) Especificación del sistema de climatización.
- f) Diseño de sistema de iluminación convencional, interna y externa.
- g) Diseño de sistema de iluminación de emergencia.
- h) Especificación de sistema de tomas de energía eléctrica.
- i) Especificación para celdas de media y baja tensión.
- j) Especificación de tableros de distribución.
- k) Diseño de sistema de detección y extinción de incendios.
- l) Especificación de sistema de respaldo de energía.
- m) Especificación de rutas de ductos y rutas de cableado de potencia y control.
- n) Especificación de cableado eléctrico, control e instrumentación.
- o) Especificación de sistema de puesta a tierra.

La ingeniería de detalle considera el desarrollo de la documentación definitiva de soporte para la implementación del PCR, de tal manera que las actividades a ejecutarse son:

- a) Elaboración planos generales, de implantación, estructurales, eléctricos, de comunicaciones y de instrumentación y control.
- b) Elaboración de listas de materiales en las disciplinas mecánica, eléctrica, instrumentación, control y comunicaciones conforme marcas certificadas dentro de las normas aplicadas.
- c) Revisión de diseños definitivos y planos de detalle para construcción del PCR, planos en las disciplinas mecánica, eléctrica, instrumentación, control y comunicaciones.
- d) Revisión de listas de materiales para construcción del PCR planos en las disciplinas mecánica, eléctrica, instrumentación, control y comunicaciones.

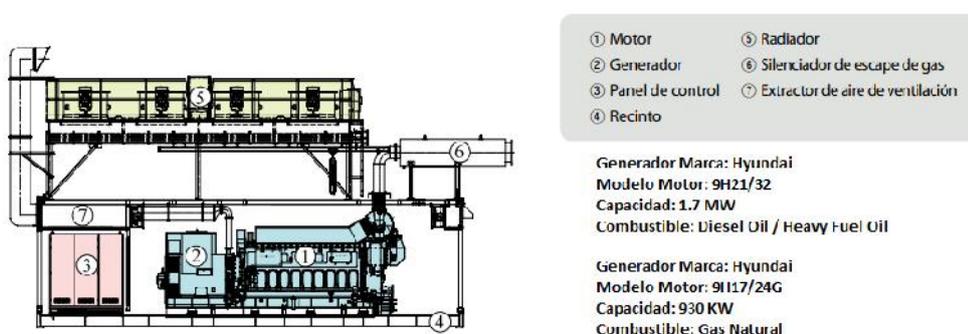
En lo referente a las disciplinas mecánica y civil se presenta información general, no un análisis detallado.

## 1.4. IMPORTANCIA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA INDUSTRIA PETROLERA

La industria de generación y distribución eléctrica están estrechamente ligadas a la industria de producción de petróleo, y como es lógico, ambas son determinantes en la matriz energética del país.

La industria petrolera requiere de energía eléctrica para el desarrollo de su actividad en todas las fases de producción, es por ello que dentro de sus áreas productivas existen plantas y facilidades de generación, transmisión y distribución.

Dicha energía eléctrica es generada a partir de un gran abanico de elementos (WARTSILA, 2013), como son crudo, gas, biocombustibles, Fuel Oil Ligero “LFO”, Fuel Oil Pesado “HFO”, elementos combustibles ya procesados como el diésel y gasolina o de la combinación de todos los mencionados.



**Figura 1.5. Modelos de Generadores Hyundai**

**Fuente: (HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO. LTD., 2011, p. 7)**

En función de las facilidades y necesidades de cada plataforma, la generación es de diferentes niveles de tensión y potencia, tendiendo una amplia gama de valores, los cuales pueden ir entre 75KW hasta 20MW en baja y media tensión, cuyos valores típicos pueden ser 480V, 2.4KV, 13.8KV, 34.5KV; por cada unidad generadora. Las unidades generadoras pueden combinarse para lograr plantas de generación de mayor capacidad.



**Figura 1.6. Central Eléctrica Geramar I y II en Brasil, 332MW**

**Fuente: (WARTSILA, 2013, p. 14)**

Las plantas de generación eléctrica de gran y media capacidad, a través de redes de transmisión privadas, son las encargadas de proveer energía eléctrica a todo el bloque de producción, esto es áreas de procesamiento de crudo, áreas de bombeo y pozos, oficinas, campamento, iluminación de senderos, energía e iluminación en zonas recreativas, etc. En algunos bloques no solo se provee energía internamente, sino que también se suministra energía a asentamientos nativos aledaños, como es el caso de Repsol (Bloque 16) y Petroamazonas (Bloque 31) que proveen energía eléctrica a comunidades huaoranis cercanas.

En locaciones remotas con unidades de servicios auxiliares, muchas veces será necesario tan solo un generador de baja capacidad a diésel, garantizando la permanencia de combustible.

Como se ha detallado, debido a que dentro del bloque de producción se realizan actividades de generación, transmisión y distribución, se hace necesario las facilidades que permitan realizar el control y monitoreo de estas actividades, para ello las Salas de Control Eléctrico juegan un papel determinante.

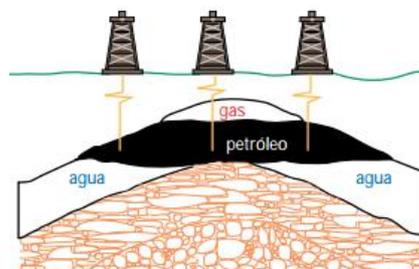
Al igual que cualquier otra empresa de naturaleza eléctrica ubicada dentro del Ecuador, toda la actividad de generación, transmisión y distribución realizada en cualquiera de los bloques de producción petrolera sea público o privado está sujeta a las regulaciones dadas por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífera (ARCH) y el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), como tal cumple con los parámetros técnicos y de rendimiento requeridos. Así, la proyección dentro de la matriz energética del país es que la producción de energía eléctrica lograda en las operadoras de petróleo sea integrada al sistema nacional interconectado, de modo que los excedentes sean aprovechados en el resto del territorio nacional, proceso que se va acondicionando desde hace un par de años.

## 2. CAPITULO II

### FUNDAMENTOS BÁSICOS.

#### 2.1. EL PETRÓLEO.

La etimología de la palabra petróleo, significa “aceite de roca”. Si este aceite se analiza para verificar su constitución química-orgánica, por contener el elemento carbono (C) en sus moléculas, se encontrará una extensa variedad de compuestos formados con el hidrógeno (H) denominados hidrocarburos. Los hidrocarburos son gaseosos, líquidos, semisólidos y sólidos, como aparecen en sitios de la superficie terrestre, o gaseosos y líquidos en las formaciones geológicas (Barberii, 1998, pp. 35,36). Mediante actividades de exploración y perforación, se estudia la corteza terrestre y el subsuelo con la finalidad de explotar gas/petróleo con fines comerciales, ver Figura 2.1.



**Figura 2.1. Yacimiento de petróleo y configuración para explotación**

**Fuente: (Barberii, 1998, p. 35)**

Desde los comienzos de la explotación del petróleo (1859) como negocio internacional integrado, los geólogos, químicos e ingenieros han dedicado tiempo a estudiar e investigar los elementos y procesos responsables del origen, constitución, características, peculiaridades de desplazamiento, acumulación y entrapamiento de los hidrocarburos en las cuencas sedimentarias. Durante casi catorce décadas de estudios científicos, técnicos y de campo se ha acumulado una valiosa y extensa información sobre las teorías y diferentes aspectos del origen del petróleo.

En primer término, se ha concluido que la descomposición de la materia animal y/o vegetal, depositada y enterrada en los estratos geológicos, sufre alteraciones por la acción de bacterias, de la presión y de la temperatura, generando así lo que hoy llamamos petróleo.

Generalmente, todas las rocas de las formaciones de los campos petroleros contienen fósiles. Estudios de estas rocas señalan una gran abundancia de plancton, es decir, animales y plantas que flotan o nadan en el mar.

Entre las bases científicas con que cuenta el área de la industria petrolera dedicada a las Ciencias de la Tierra, la Paleontología cubre el estudio de los restos fósiles de animales y plantas y enseña acerca de la vida pasada durante los períodos geológicos y, por ende, sobre la evolución cronológica de la historia geológica de la Tierra. Por tanto, es una materia esencial para descifrar la evolución de la vida animal / vegetal en las cuencas sedimentarias e interpretar las circunstancias y

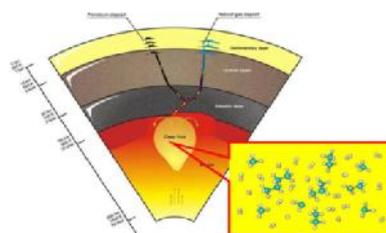
episodios geológicos que conducen a la presencia o falta de acumulaciones petrolíferas (Barberii, 1998, p. 36).

### **2.1.1. ORIGEN DEL PETRÓLEO.**

El Petróleo tiene dos criterios de como fue originado, que se conocen como “Teorías Orgánicas” y “Teorías Inorgánicas”, su detalle a continuación:

#### **2.1.1.1. TEORÍAS INORGÁNICAS.**

Según estas teorías, el petróleo se forma por reacciones netamente químicas, es decir, sin la intervención de agentes vegetales y/o animales. Un esquema de lo mencionado se muestra en la Figura 2.2.

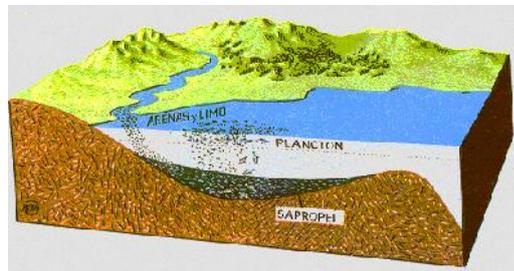


**Figura 2.2. Origen del petróleo, teoría inorgánica**

**Fuente: (Herrera & Castellanos, 2011, p. 43)**

### 2.1.1.2. TEORÍAS ORGÁNICAS.

Las teorías orgánicas se basan en la participación de residuos vegetales o de animales en el proceso químico bacteriano o de descomposición, como se ve en la Figura 2.3.



**Figura 2.3. Origen de petróleo, teoría orgánica**

**Fuente: (Herrera & Castellanos, 2011, p. 44)**

Hay científicos que proponen que la formación del petróleo es de origen animal y otros que su origen es vegetal. Sin embargo, se ha concluido que pueden ser los dos combinados.

### 2.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL PETRÓLEO (Barberii, 1998).

Todos los petróleos: livianos, medianos, pesados y extra pesados, generalmente llamados crudos, tienen características y propiedades físicas y químicas que a la vista sirven para distinguir y apreciar unos de otros. Otras

características tienen que ser determinadas por análisis de laboratorio. Algunas de las características relevantes son:

- a) Color.
- b) Olor.
- c) Sabor.
- d) Índice de refracción.
- e) Coeficiente de expansión.
- f) Punto de congelación
- g) Punto de deflagración.
- h) Punto de quema.
- i) Poder calorífico.
- j) Calor específico.
- k) Calor latente de vaporización.
- l) Viscosidad.

#### **2.1.2.1. DENSIDAD.**

Una característica muy importante del crudo es la densidad, ya que de esta propiedad depende la calidad y la cotización de éste. Los crudos pueden pesar menos que el agua (livianos y medianos) o tanto o más que el agua (pesados y extra-pesados). De allí que la densidad pueda tener un valor de 0,75 a 1,1. Estos dos

rangos equivalen a 57,2 y -3 °API. La densidad del crudo, se especifica en grados API (API es la abreviatura de American Petroleum Institute).

La clasificación de crudos por rango de gravedad °API utilizada en la industria de los hidrocarburos, a 15,5 °C (60 °F) es como sigue:

**Tabla 2.1. Clasificación del petróleo en función de su grado API**

<b>TIPO DE CRUDO</b>	<b>GRADOS API</b>
Extra pesados	< 16 °
Pesados	< 21,9 °
Medianos	de 22 ° a 29,9 °
Livianos	>= 30 °

**Fuente: (Barberii, 1998, p. 43)**

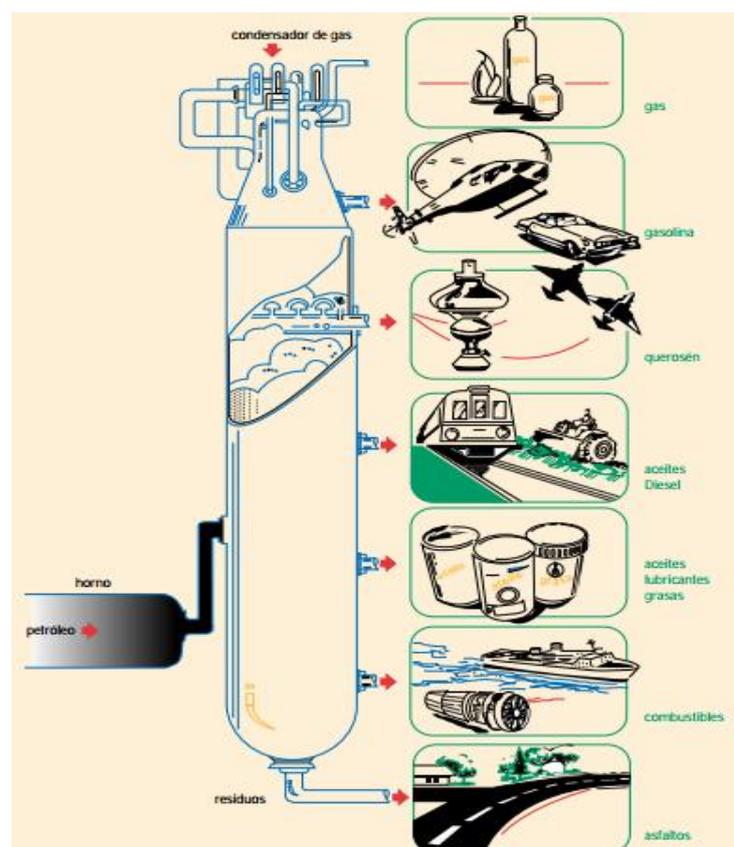
### **2.1.3. DERIVADOS Y APLICACIONES DEL PETRÓLEO.**

El valor definitivo de los crudos está representado por el rendimiento y clase de productos que se obtengan a través de los procesos de refinación y/o petroquímica.

Todo crudo es útil. Cada crudo puede ser procesado, para obtener determinados derivados, pero habrá un derivado preponderante que constituirá la esencia de su calidad como materia prima y su precio, según el mercado.

Del crudo se tiene una extensa serie de derivados: gasolinas, naftas, querosén, combustibles pesados, combustibles diésel y gasóleo, lubricantes, asfaltos, turbo fuel, parafinas, gas de refinería, coque, azufre y ciertos metales, como níquel y vanadio que se encuentran en los crudos pesados y extra-pesados.

La Figura 2.4. es una presentación didáctica de los procesos que, bajo presión y temperatura mediante diferentes etapas, producen determinados tipos de derivados que sirven para usos domésticos y/o industriales.



**Figura 2.4. Torre de destilación, derivados de petróleo**

**Fuente: (Barberii, 1998, p. 47)**

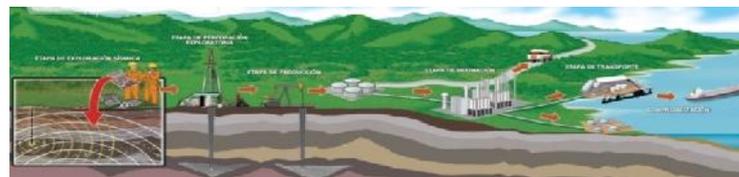
### 2.1.4. CADENA DE TRATAMIENTO DEL PETRÓLEO

La cadena de tratamiento del crudo son el conjunto de actividades que se ejecutan para su ubicación, obtención, procesamiento, distribución y comercialización, y que permiten llevar el petróleo desde sus yacimientos hasta su consumidor final con las características estándar de cada uno de sus derivados. Las actividades productivas de interés de éste proyecto, son ubicadas dentro de 3 etapas claramente definidas y que se detallan a continuación: Upstream, Midstream y Downstream. La Figuras 2.5. y 2.6. muestran esquemas de las etapas que cumplen con la cadena de tratamiento del crudo (Unión Industrial Argentina, 2004).



**Figura 2.5. Cadena de tratamiento del petróleo**

**Fuente: (Unión Industrial Argentina, 2004)**



**Figura 2.6. Cadena Productiva de hidrocarburos**

**Fuente: (Agencia Nacional de Hidrocarburos de Colombia, 2008)**

### **2.1.4.1. UPSTREAM**

La etapa de “Upstream” comprende las fases de exploración, perforación, extracción y tratamiento del petróleo.

#### **2.1.4.1.1. EXPLORACIÓN.**

La exploración de los campos petroleros se realiza con el fin de identificar los yacimientos de petróleo y la viabilidad técnico-económica de extraerlo para su posterior utilización. En efecto, el petróleo se acumula formando yacimientos que quedan atrapados en la parte alta de los pliegues anticlinales de rocas sedimentarias.



**Figura 2.7. Métodos de exploración de yacimientos de crudo**

**Fuente: (Amazonía Forestal, 2011)**

#### **2.1.4.1.2. PERFORACIÓN.**

La perforación consiste en penetrar las capas (formaciones) de la corteza terrestre utilizando accesorios mecánicos con el propósito de conocer en cual área del interior de la tierra hay petróleo o gas natural.

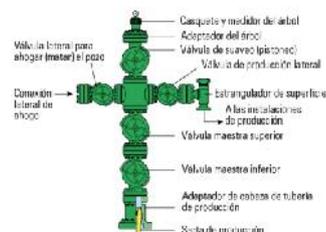


**Figura 2.8. Esquema de una Torre de Perforación**

**Fuente: (Campo, 2010)**

### 2.1.4.1.3. EXTRACCIÓN.

La extracción o explotación del petróleo se hace de acuerdo con las características propias de cada yacimiento. Para poner un pozo a producir se baja una especie de cañón y se perfora la tubería de revestimiento a la altura de las formaciones donde se encuentra el yacimiento. El petróleo fluye por esos orificios hacia el pozo y se extrae mediante una tubería de menor diámetro, conocida como "tubería de producción". Si el yacimiento tiene energía propia, generada por la presión subterránea y por los elementos que acompañan, se instala en la cabeza del pozo el denominado "árbol de navidad", cuya función es regular el paso del petróleo.



**Figura 2.9. Cabezal de pozo “Árbol de Navidad”**

**Fuente: (Campo, 2010, p. 7)**

Si no existe esa presión, se emplean otros métodos de extracción, dichos métodos son llamados “Levantamiento Artificial”, que consiste en mecanismos forzados que permiten extraer el crudo del yacimiento, los más comunes son:

- a) Levantamiento Artificial por Gas
- b) Bombeo Mecánico
- c) Bombeo Hidráulico
- d) Bombeo Electro sumergibles

#### **2.1.4.1.4. TRATAMIENTO DEL PETRÓLEO.**

Una vez en la superficie, los diferentes constituyentes de los fluidos producidos desde los pozos de petróleo y gas son separados: gas de los líquidos, aceites del agua y sólidos de los líquidos. Los constituyentes que se pueden vender, normalmente los gases y el petróleo, se retiran de la zona de producción y los residuos, se eliminan luego de un tratamiento. En esta etapa los gases aún pueden contener cantidades importantes de hidrocarburos líquidos, y suelen ser tratados para su separación, en las plantas de gas. El gas, petróleo y agua se separan en varias etapas. El crudo proveniente de los separadores, agua / aceite, posee un contenido en agua y sedimentos lo suficientemente bajo para su venta. La mezcla de agua / sólidos producida, contiene una elevada cantidad de aceites para ser vertida al terreno, a ríos o al mar. Las aguas provenientes de la última etapa del proceso de

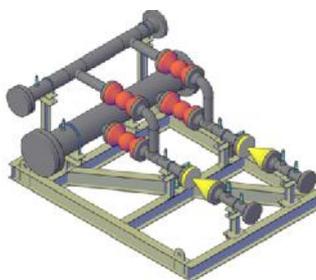
separación poseen varios cientos e incluso miles de ppm (partículas por millón) de aceite.



**Figura 2.10. Separador horizontal trifásico PAM**

**Fuente: (PIL S.A., 2009)**

Desde el cabezal de cada pozo arranca la tubería de flujo que, tendida sobre el suelo, llega a una determinada estación de recolección, diseñada para recibir la producción de cierto número de pozos. El número de tuberías de flujo que tiene cada cabezal depende de la terminación del pozo, lo cual se canaliza a través de un colector denominado “manifold”. Mediante la Figura 2.11. se muestra una estructura típica de un manifold.



**Figura 2.11. Manifold de 2 entradas de crudo**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

La estación de flujo y recolección de la producción de los pozos la componen un grupo de instalaciones que facilitan el recibo, la separación, medición, tratamiento, almacenamiento y despacho del petróleo.

#### **2.1.4.2. MIDSTREAM.**

La etapa de “Midstream” comprende las fases de Transporte del crudo a las refinerías o puertos de embarque, por vía terrestre (camión, ferrocarril, etc.), vía marítima o por oleoducto.

##### **2.1.4.2.1. TRANSPORTE DEL PETRÓLEO.**

Al iniciarse la producción del primer pozo petrolero (1859), en Pennsylvania, abierto para propósitos comerciales y con fines de crear la industria de los hidrocarburos, nació también la rama del transporte, ya que era necesario llevar el crudo del pozo a los sitios de separación, tratamiento y almacenamiento en el propio campo. De allí, transportarlo luego a los lugares cercanos o lejanos de refinación o de exportación y finalmente, transportar grandes volúmenes de productos a los puntos de consumo.



**Figura 2.12. Esquema de transporte de crudo**

**Fuente: (Agencia Nacional de Hidrocarburos de Colombia, 2008)**

En la actualidad para la industria para el transporte de hidrocarburos y sus derivados es común y efectivo el uso de oleoductos, gasoductos y tanqueros terrestres y fluviales de gran capacidad y de alta gama tecnológica, para garantizar seguridad y funcionalidad. La Figura 2.13. muestra varias alternativas de transporte de crudo.



**Figura 2.13. Oleoducto, Tanquero fluvial y terrestre**

**Fuente: (Mont - Buque Petrolero, 2011)**

#### **2.1.4.3. DOWNSTREAM.**

La fase de “downstream” consiste en la refinación del petróleo crudo, lo cual implica básicamente la destilación primaria con procesos secundarios de conversión de crudo.

### 2.1.4.3.1. PROCESOS DE REFINACIÓN

Los procesos de refinación son muy variados y se diferencian unos de otros por los conceptos científicos y tecnológicos que los fundamentan para conformar una cadena de sucesos que facilitan (Barberii, 1998):

- a) La destilación de crudos y separación de productos.
- b) La destilación, modificación y reconstitución molecular de los hidrocarburos.
- c) La estabilidad, la purificación y mejor calidad de los derivados obtenidos.

Todo esto se logra mediante la utilización de plantas y equipos auxiliares, que satisfacen diseños y especificaciones de funcionamiento confiables, y por la introducción de sustancias apropiadas y/o catalizadores que sustentan reacciones químicas y/o físicas deseadas durante cada paso del proceso.



**Figura 2.14. Refinería de Esmeraldas**

**Fuente: (DIARIO LA HORA, 2010)**

### **2.1.5. EL PETRÓLEO EN EL ECUADOR.**

Ecuador está ubicado al nor-este de América del Sur, con 2010 Km de fronteras y limitado por Colombia al norte, Perú al sur-este y con la costa del Océano Pacífico al oeste. Tiene cuatro regiones naturales: Costa, Sierra, Amazonía e Insular (Islas Galápagos). Tiene una Superficie de 256.370 km<sup>2</sup> (incluyendo las Islas Galápagos) y es un país con grandes reservas de petróleo, aproximadamente 4800 millones de barriles con duración estimada de hasta 25 años, desde su descubrimiento (1970) periodo que se ha ido incrementando a medida que se han incorporado nuevas reservas lo que hace que el horizonte petrolero ecuatoriano se estime disponible hasta 2025 (PETROAMAZONAS, 2006).

El origen del petróleo ecuatoriano, se remonta hace millones de años cuando la cuenca amazónica en la parte del oriente ecuatoriano existió un mar de poca profundidad llamado Tetis el cual dio origen a las formaciones petroleras ecuatorianas.

El petróleo ecuatoriano tiene características diferentes al del crudo WTI (West Texas Intermediate o Crudo Texano de referencia en el mercado internacional), su calidad varía de acuerdo al contenido de parafina, azufre y gravedad API, esta propiedad del petróleo ecuatoriano es la que define su costo final de venta, los petróleos en las categorías de livianos si tienen gravedad superior a 30 grados API, presentes en la costa ecuatoriana; medianos, fluctúan entre 22 y 29

grados API, presentes en el oriente ecuatoriano y pesados, poseen entre 10 y 21 grados API, descubiertos en las reservas amazónicas y aun sin explotar.

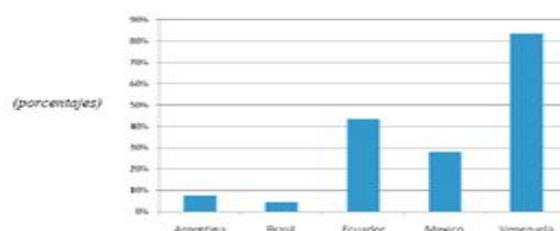


**Figura 2.15. Plataforma de extracción de crudo, oriente ecuatoriano**

**Fuente: (PETROAMAZONAS, 2006)**

La exportación petrolera permitió crecimientos económicos espectaculares, esto llevo a que el país se vuelva más atractivo para las inversiones, precisamente por esa riqueza petrolera, Ecuador empieza a desarrollar una sensación interna de que pasaba del modelo basado en la exportación de materias primas y productos primarios de origen agropecuario a un modelo en el cual la exportación descansaba en el petróleo, sin embargo la riqueza petrolera fue el detonante para el endeudamiento externo.

Un análisis macroeconómico de la situación del Ecuador con respecto a los otros países exportadores de petróleo de América Latina, permite entender que en Latinoamérica la dependencia al sector petrolero es alta, considerando la situación del Ecuador vemos que su renta petrolera estatal representa más del 40% de su ingreso fiscal total, lo que le hace un país altamente dependiente y por tanto vulnerable a las fluctuaciones en el precio internacional del petróleo.



**Figura 2.16. Porcentaje de renta petrolera dentro de cuentas fiscales**

**Fuente: (CEPAL - ILPES, 2009)**

Ecuador en la actualidad financia la mayoría de sus gastos con la venta de petróleo dejando muy poco margen al financiamiento de sus gastos basados en las exportaciones tradicionales y no tradicionales, en tal motivo el país está atado a la gran volatilidad del precio del petróleo en el mercado internacional y esto afecta directamente al Presupuesto General del Estado.



**Figura 2.17. . Financiamiento de gastos del estado en función de ingresos petroleros y no petroleros**

**Fuente: (CEPAL - ILPES, 2009)**

El futuro petrolero ecuatoriano recae en las reservas de los campos conocidos sin explotar, estos están en manos del Estado, en Petroproducción, que posee el 91% de ellos; mientras que el remanente que tienen las empresas privadas, no llega al 9%.

Ecuador maneja la producción estatal por medio de dos empresas estatales Petroecuador y Petroamazonas, que tienen un futuro en común de fusión, basados en la normativa y procedimientos de producción mejorados que están vigentes en Petroamazonas, tendiente a buscar potenciar la modernización de instalaciones y procesos de producción estatal y sus políticas de producción, apoyándose en sus sistemas innovadores de no contaminación y altos estándares de seguridad y responsabilidad medio ambiental. Que serán en el futuro el eje rector de la producción petrolera ecuatoriana, para crear una conciencia social de responsabilidad y soporte del estado ecuatoriano en el área petrolera nacional.

Al ser la producción de petróleo la fuente que financia la mayor parte del presupuesto del estado, es importante conocer y entender cómo y porque se desarrolla esta actividad, sus beneficios y problemas, así como las soluciones que los ecuatorianos han encontrado para dinamizar su producción petrolera minimizando el impacto al ambiente, ya que esta actividad se desarrolla en su mayoría en las zonas denominadas, reservas naturales intangibles de la amazonia ecuatoriana.

#### **2.1.5.1.    EXTRACTO HISTÓRICO.**

En 1924 se realizó el primer descubrimiento de petróleo en la península de Santa Elena por la compañía “Angla Ecuadorian Oilfields Ltda”. Efectuándose la primera producción petrolera en 1925 con 1.226 barriles diarios. Otras exploraciones hidrocarburíferas se realizaron en la región oriental, esto ocasionó un gran número de

concesiones con empresas extranjeras, hasta que en 1972 se creó la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE). Para este periodo Ecuador producía miles de barriles y los ingresos económicos del país eran altos (aunque con distribución desigual), en 1973, Ecuador ingresa a la Organización de Países Exportadores de Petróleo OPEP. En 1989 CEPE se convierte en EP-PETROECUADOR con varias empresas filiales. Actualmente la producción petrolera sigue siendo controlada por el Estado, y aunque ha tenido sus altos y bajos se mantiene como la mayor fuente de ingresos y financiamiento del país.



**Figura 2.18. Evolución de empresas estatales de petróleo**

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

En el Ecuador se tiene actualmente un sistema de producción petrolera mixta, donde la mayor parte de la producción del estado corresponde a sus dos empresas estatales, por un lado Petroecuador con su filial Petroproducción que maneja la parte antigua de los campos en el oriente y costa ecuatoriana, esta filial nació como producto de la conversión de la empresa CEPE quien a su vez se gestó a raíz de la salida de “Chevron – Texaco”, de los campos petroleros ecuatorianos. Por otro lado Petroamazonas resultado de la caducidad de la empresa norteamericana “Occidental Exploration and Production Company (OXY)” producida en Mayo del 2006, y que maneja el bloque 15 y los bloques que por efecto de las renegociaciones petroleras

del gobierno ecuatoriano están siendo revertidas a su control, como por ejemplo el bloque 18 de Petrobras y los bloques 7 – 21 de Perenco.

### 2.1.5.2. PRODUCCIÓN.

En el segundo trimestre de 2014, la producción nacional de petróleo alcanzó un total de 50.6 millones de barriles, lo que representa un promedio de 556.6 miles de barriles / día (Banco Central del Ecuador, 2014).

**Tabla 2.2. Producción nacional del petróleo 2012 al 2014**

Período	<i>Millones de barriles</i>				
	2012	2013	2014	Variación 2014-2012	Variación 2014-2013
Primer Trimestre	45.7	45.5	49.7	8.8%	9.2%
Segundo Trimestre	45.5	47.4	50.6	11.3%	6.9%
Tercer Trimestre	46.8	49.1			
Cuarto Trimestre	46.3	50.1			
<b>Total Anual</b>	<b>184.3</b>	<b>192.1</b>			

**Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2014)**

### 2.1.5.3. EXPORTACIÓN DE PETRÓLEO.

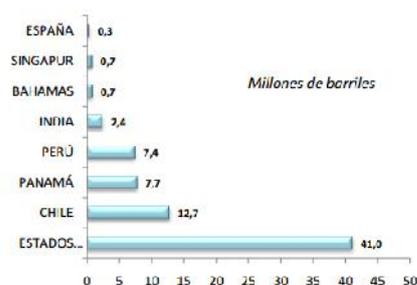
Durante abril a junio de 2014 se exportaron 37.2 millones de barriles de petróleo, por un valor de USD 3,622.4 millones, a un precio promedio trimestral de USD 97.41 por barril. Cifras superiores en volumen, valor y precio a las del primer trimestre de 2014 y segundo trimestre de 2013 (EP PETROECUADOR, 2013).

**Tabla 2.3. Exportación de crudo**

Mes/Año	2012			2013			2014		
	VOLUMEN Millones Bls.	PRECIO USD/Bl	VALOR Millones USD	VOLUMEN Millones Bls.	PRECIO USD/Bl	VALOR Millones USD	VOLUMEN Millones Bls.	PRECIO USD/Bl	VALOR Millones USD
I Trimestre	33.8	104.38	3,529.9	34.1	99.16	3,385.5	35.8	95.34	3,413.4
II Trimestre	32.0	99.95	3,198.7	32.6	95.64	3,117.1	37.2	97.41	3,622.4
III Trimestre	32.9	95.0	3,129.3	37.3	98.79	3,686.5			
IV Trimestre	30.8	92.9	2,857.6	36.2	89.04	3,222.6			
<b>TOTAL</b>	<b>129.5</b>	<b>98.18</b>	<b>12,715.6</b>	<b>140.2</b>	<b>95.63</b>	<b>13,411.8</b>	<b>73.0</b>	<b>96.40</b>	<b>7,035.8</b>

**Fuente: (EP PETROECUADOR, 2013)**

Durante el segundo trimestre de 2014, el petróleo ecuatoriano tuvo como destino final los siguientes países: Estados Unidos de América; Chile, Panamá, Perú, India, Bahamas, Singapur y España, conforme se detalla en la Figura 2.19.

**Figura 2.19. Exportación de petróleo por países**

**Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2014)**

## **2.2. GENERALIDADES DE UN PCR CONTENERIZADO.**

Una Sala de Control Eléctrica, PCR, por sus siglas en inglés “Power Control Room” (Powell, 2003), es un centro de operaciones especial que proporciona a las diferentes tipos de industrias, incluyendo la petrolera, la capacidad de supervisar y controlar las operaciones de distribución de energía de sus instalaciones. Su estructura y tecnología brinda las facilidades para concentrar dentro de una misma sala equipos de potencia para distribución de energía, así como equipos para monitoreo y control de la energía a ser entregada a la planta. Estas características de un PCR permiten integrar y concentrar todas las operaciones referentes al suministro de energía en un mismo centro de procedimientos, lo cual representa ventajas a nivel operativo y de optimización energética.

Un PCR ofrece soluciones de suministro y control de energía en industrias de diferente índole, ya sea minera, petrolera, telecomunicaciones, agua potable, centrales nucleares, generadoras hidroeléctricas, generadoras de energía alternativa, etc., y sus funciones se ejecutan a varios niveles, es así que se puede concentrar o integrar generadores, transformadores, Switchgears (SWG's), centros de control de motores (MCC's) (CAN-TECHNOLOGIES, 2009), variadores de frecuencia, bombas, tableros de distribución, tableros de PLC's de procesos, tableros de PLC's de seguridad, sistemas ininterrumpidos de energía (UPS's), sistemas rectificadores, tableros de transferencia, bancos de baterías, racks y tableros de comunicación, filtros para control de armónicos, computadores o equipos dedicados para interfaces

HMI e instrumentación específica ya sean estos switches o transmisores de nivel, presión, flujo o temperatura.



**Figura 2.20. PCR Palo Azul, Bloque 18, Petroamazonas**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

Un PCR en función de su aplicación y de la industria a la que esté vinculado presenta características definidas, dependiendo del fabricante estas características son estándar y personalizadas ya que adicional a su aporte en las actividades de producción debe poseer características propias de seguridad y comodidad que garanticen su funcionalidad, como son un sistema de detección y extinción de incendios, un diseño estructural y de cubierta acorde a los equipos contenidos en él, una adecuada distribución de elementos internos, un sistema de climatización, un sistema de servicios auxiliares acorde a la aplicación del cuarto, sistema de iluminación y señalética adecuada. Estos parámetros estándar del PCR se rigen a normativas operativas y de seguridades locales e internacionales.

Los PCR's son diseñados en dos modalidades, de forma estática cuando estos se ubican en estructuras metálicas o de concreto de forma definitiva y de forma

móvil, cuando estos son construidos en estructuras metálicas tipo Skid o Contenerizado, lo cual permite que su traslado sea factible siempre que este procedimiento sea requerido. Evidentemente cada una de estas modalidades de diseño de PCR's obedecen a parámetros técnicos distintos. En el caso de un PCR estático, presenta facilidades para ser montado en un recinto donde su integración se realiza considerando que sus elementos periféricos en adelante no tendrán cambios circunstanciales, ahora en el caso de un PCR tipo Skid Contenerizado, este presenta características que permiten su integración y nueva movilización de la forma más simple y funcional, pero garantizando siempre un buen desempeño y seguridad.

Para el fin de este proyecto se analizará todos los aspectos relevantes para desarrollo de una Sala de Control Eléctrica Contenerizada.

Las Salas de Control Eléctricas Contenerizadas se emplean como sub-estaciones transportables para distribuir la energía eléctrica en media tensión y baja tensión, en plataformas y áreas de producción donde no es conveniente instalar sub-estaciones de obra civil como por ejemplo en minas de tajo abierto, refinerías, zonas de extracción y producción de crudo (On-shore y Off-shore), instalaciones con ambientes con alto contenido de contaminación, etc.

La fabricación de estos sistemas contenerizados para uso en el Ecuador, tradicionalmente ha sido en países de alto nivel tecnológico, como USA o Alemania,

sin embargo, de a poco han sido desarrollados en Latinoamérica, llevando la batuta países como Brasil, Venezuela, Chile y Colombia.

Debido al crecimiento tecnológico del país en múltiples disciplinas industriales, se ha dado inicio a una nueva alternativa de desarrollo de ingeniería y construcción para la integración y ensamble de Salas Eléctricas Contenerizadas en el Ecuador con rentabilidad y soluciones a la medida, conforme la realidad nacional.

### **2.2.1. CARACTERÍSTICAS DE UN PCR CONTENERIZADO**

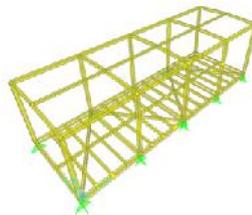
Las Salas de Control Eléctricas Contenerizadas deben construirse completamente equipadas en fábrica, preparadas para instalarlas sobre bases de concreto o acero, facilitando todas las condiciones que permitan una rápida puesta en servicio y con garantía de funcionalidad y seguridad.

El estándar típico de un PCR Contenerizado en lo que a características generales se refiere, debe ser analizado de forma multidisciplinaria, las secciones siguientes hacen referencia a cada una de esas disciplinas a resaltar.

### 2.2.1.1. CARÁCTERÍSTICAS CIVILES, MECÁNICAS Y ARQUITECTONICAS.

Un PCR Contenerizado obedece a un diseño estructural riguroso, donde el desarrollo de las disciplinas civil, mecánica y arquitectónica van ligadas. Las características más relevantes dentro de estas disciplinas son las siguientes:

- a) Estructura de acero con vigas principales y secundarias acorde al peso y fuerzas a ejercer en él.

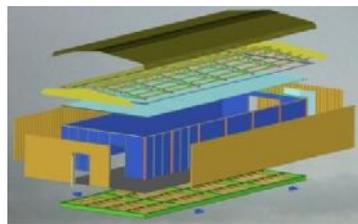


**Figura 2.21. Análisis estructural PCR Contenerizado**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

- b) Piso en plancha de acero cubierto con vinyl antiestático, con facilidades para anclaje, integración y operación de equipos eléctricos. Acorde a peso de equipamiento interno.

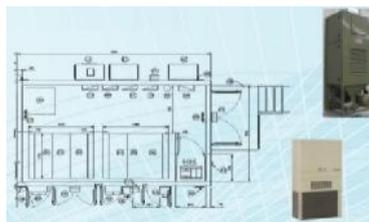
- c) Paredes y techo de panel aislante elaborado con cubierta de acero con centro de poliuretano anti-flama, con capacidad de mantener un aislamiento térmico y acústico en el interior del Shelter. Las juntas de paredes y techos van selladas.



**Figura 2.22. Disposición paredes, techo, aislamiento PCR**

**Fuente: (EECOL Electric, 2013)**

- d) Sistemas de climatización, que garantice la disipación térmica de todos los componentes del cuarto, considerando además el tráfico de personas.



**Figura 2.23. Esquema y criterio de climatización PCR**

**Fuente: (EECOL Electric, 2013)**

- e) Estructura con facilidades para realizar izaje y transporte acorde a las características del cuarto, así como de su capacidad de carga.



**Figura 2.24. Izaje PCR Contenerizado**

**Fuente: (EECOL Electric, 2013)**

- f) Terminados arquitectónicos estéticos, para mantenimiento y de funcionalidad, como son camineras, escaleras, accesos a techo, colectores y bajantes de agua, cumbreras, faldones, viseras, puertas y sellos, etc.



**Figura 2.25. Terminados PCR Contenerizado**

**Fuente: (EECOL Electric, 2013)**

- g) Facilidades para conexión de barra de tierra eléctrica y electrónica hacia la malla de tierra disponible en la locación a ubicar el PCR.

- h) Pintura interna y externa de la estructura, paredes, techo y elementos complementarios conforme estándares preestablecidos para el tipo de industria donde operará el cuarto.



**Figura 2.26. Proceso de pintura de un PCR Contenerizado**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

- i) Sistema de aislamiento de piso por la parte exterior del cuarto, esto se logra con poliuretano inyectado formando una capa de espesor acorde al estándar.
- j) El cuarto ensamblado debe superar pruebas de funcionalidad, de soldadura, de materiales, de pintura y de hermeticidad.



**Figura 2.27. Fabricación y pruebas estructura PCR**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

- k) Las dimensiones de los Shelters, sea uno solo, o varios módulos que al integrarse conforman un cuarto de mayor tamaño, deben estar limitadas

conforme las normativas locales y las características físicas de los medios y rutas de transporte, esto es dimensiones y capacidad de carga de plataformas de transporte, ancho de las vías, ancho de puentes, alto de túneles, etc. En los casos donde se requieran salas eléctricas muy grandes, éstas se construyen en varias secciones, las cuales son fácilmente re-armables, esto facilita su transporte, sea este terrestre o marítimo.



**Figura 2.28. Transporte de PCR Contenerizado**

**Fuente: (EECOL Electric, 2013)**

Para estas disciplinas, las normas que al menos se deben cumplir son:

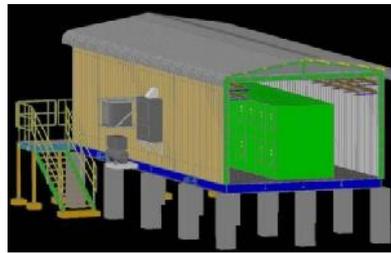
- a) American Petroleum Institute (API).
- b) American Society for Testing Materials (ASTM)
- c) American National Standards Institute (ANSI)
- d) American Society of Mechanical Engineers (ASME)
- e) American Institute of Steel Construction (AISC).
- f) American Welding Society (AWS).
- g) American Society of Civil Engineers (ASCE).
- h) International Building Code (IBC).

i) Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC)

### **2.2.1.2. CARÁCTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Y ELECTRÓNICAS.**

Un PCR en lo referente a las disciplinas eléctricas, control, instrumentación y comunicaciones debe poseer la capacidad de ejecutar el suministro y control de energía eléctrica en baja y media tensión así como el monitoreo y control de dicho suministro conforme estándares de construcción, operativos y de seguridad, en función de ello, las características relevantes para estas disciplinas son las siguientes:

- a) Capacidad de contener y gestionar equipos eléctricos en media y baja tensión conforme estándares, los equipos y sistemas pueden ser los siguientes: Equipos eléctricos de conexión (SWG's), Centros de control de motores (MCC's), Transformadores de distribución, Variadores de frecuencia, Tableros de distribución, Sistemas de respaldo de energía VDC (rectificador y baterías), Sistemas de respaldo de energía (UPS y baterías), Filtros, Sistemas de climatización, Tableros de integración, Sistemas de tierra eléctrico y de instrumentación, etc.



**Figura 2.29. Equipos eléctricos en un PCR Contenerizado**

**Fuente: (EECOL Electric, 2013)**

- b) Capacidad de contener y gestionar equipos electrónicos, de instrumentación, de control y de comunicaciones conforme estándares, los equipos y sistemas pueden ser los siguientes: Tableros de control, Tableros de PLC's de procesos, Tableros de PLC's de Seguridad, Tableros de Scada eléctrico y control, Paneles de control dedicados (que pueden ser aires acondicionados, presurización, sistema de control de incendios, control de accesos), etc.

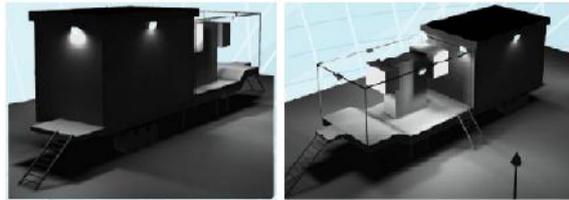


**Figura 2.30. Dispositivos de instrumentación y control de un PCR**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

- c) Condiciones de funcionalidad y comodidad para el operador del PCR, esto es sistema de iluminación interior y exterior, sistema de receptáculos de energía regular y respaldada, libre y cómodo acceso a sistemas de control y

monitoreo, espacio suficiente para actividades de mantenimiento y operación de equipos eléctricos, de control y de monitoreo, etc.



**Figura 2.31. Funcionalidad y acondicionamiento de ambientes en PCR**

**Fuente: (EECOL Electric, 2013)**

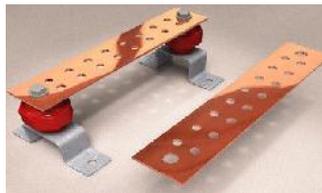
- d) Operación segura de la sala eléctrica, con presencia de los siguientes elementos: Sistema de detección contra incendios, Sistema de extinción contra incendios, Sistema de alarma y gestión de equipos eléctricos desde el sistema de control de incendios, Sistema de iluminación interna y externa de emergencia, Señalización de salidas de emergencia, Puertas con barras anti-pánico, Señalética de seguridad (de peligro en equipos eléctricos, de uso de protección personal y de maniobras, salidas de emergencia).



**Figura 2.32. Condiciones de seguridad PCR Contenerizado, SCI**

**Fuente: (CHEMETRON SCI FM200, 2014)**

- e) Sistema de tierras eléctrica y electrónica, con facilidades para integrar la sala eléctrica ágilmente a la malla de la locación donde se la ubique, así como para interconectar todos los elementos internos.



**Figura 2.33. Barras de tierra PCR Contenerizado**

**Fuente: (STORMCOPPER, 2011)**

- f) Ubicación de equipos y materiales, así como condiciones de montajes y operación conforme normativas eléctricas vigentes en el país, esto incluye capacidad de crecimiento a futuro.
- g) Facilidades para integrar la sala eléctrica a la operación y necesidades de la plataforma donde sea montada, esto es rutas de ingreso al cuarto correctamente aisladas del ambiente externo, tableros de paso, etc.



**Figura 2.34. Ingreso y salida de cables PCR Contenerizado**

**Fuente: (SLACOL, 2012)**

- h) Rutas de conduit, bandeja y ductos, así como rutas de cables, conforme normativas eléctricas vigentes en el país, por mencionar algunos hitos importantes, el uso de materiales certificados, montaje acorde a estándares, facilidad para montaje y mantenimiento, factibilidad de crecimiento, etc.



**Figura 2.35. Ruta de bandejas y conduit en un PCR Contenerizado**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

Para estas disciplinas, las normas que al menos se deben cumplir son:

- a) American Petroleum Institute (API).
- b) International Society of Automation (ISA).
- c) National Electrical Manufacturers Association (NEMA).
- d) National Fire Protection Association (NFPA).
- e) American National Standards Institute (ANSI)
- f) Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
- g) Insulated Cable Engineers Association (ICEA)
- h) Underwriters Laboratories Inc. (UL)

### **2.2.2. VENTAJAS DE UN PCR CONTENERIZADO**

Un PCR Contenerizado posee múltiples beneficios en todas las etapas que involucradas desde su concepción hasta su entrega al usuario final, esto es en las etapas de Comercialización, Ingeniería, Procura, Construcción, Transporte, Seguridad / Ambiente y Liberación en Campo, en los párrafos siguientes se indica con mayor detalle las ventajas más representativas:

- a) Plazos de entrega cortos, debido a la optimización de procesos en las fases de Ingeniería, Procura y Construcción. En relación al plazo de fabricación de una Sala Eléctrica estática, los períodos de diseño y fabricación de un PCR Contenerizado son muy competitivos.
- b) Las características mecánicas y eléctricas de un PCR Contenerizado brinda facilidades que permiten que los procedimientos de izaje y transporte sean relativamente sencillos. Esta característica deriva en la posibilidad de que una Sala Eléctrica Contenerizada pueda ser fácilmente transportable de una locación a otra, lo cual puede ser ventajoso en todas las actividades de producción de crudo, con particular beneficio en labores de exploración y avanzada. El diseño del PCR considera facilidades para transporte terrestre, fluvial y aéreo.



**Figura 2.36. Izaje y transporte de PCR Contenerizado**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

- c) La optimización de recursos y procedimientos que implica la construcción de Salas Eléctricas Contenerizadas representan proyectos altamente rentables, recuérdese que se elimina del presupuesto un buen porcentaje de actividades en campo, tanto en la fase de construcción como en fases preliminares. Además de rentabilidad se garantiza calidad, seguridad y confiabilidad.



**Figura 2.37. Fabricación de PCR Contenerizado en Planta PIL S.A.**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

- d) Las características mecánicas y eléctricas de un PCR Contenerizado brinda facilidades para que el montaje y puesta en marcha del equipo en campo, se desarrolle de forma ágil y eficiente. Además tiene la capacidad de transportarse y montarse en locaciones en extremo remotas.



**Figura 2.38. Montaje y acondicionamiento de PCR**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

- e) Debido a que el proceso de fabricación de un PCR Contenerizado es eficiente, que prácticamente es ensamblado en fábrica y que brinda facilidad para su transporte, éste es amigable con el ambiente, su impacto en él, es reducido.



**Figura 2.39. Locaciones remotas y ambientalmente sensibles**

**Fuente: (DIARIO LA HORA, 2010)**

- f) El desempeño y funcionalidad de un PCR Contenerizado no presenta ningún limitante en relación a las condiciones de una Sala Eléctrica estática.
- g) Un PCR Contenerizado puede fabricarse en un solo cuerpo o puede ser modular, de tal modo que no existe limitante en su tamaño, posibilidad de crecimiento o aplicación que le del usuario final.



**Figura 2.40. Plataforma integrada con equipos contenerizados (Planta Eléctrica Hyundai, 47,6MW, Cuba)**

**Fuente: (HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO. LTD., 2011)**

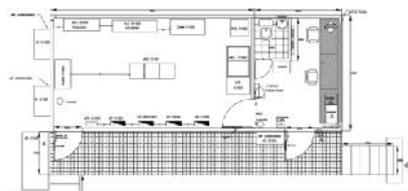
- h) La calidad y seguridad de un PCR Contenerizado se ven garantizadas en sus procesos de diseño y construcción, los cuales se apoyan en las regulaciones y estándares que rigen este tipo de Salas Eléctricas.
- i) La operación y mantenimiento de un PCR Contenerizado pueden ejecutarse satisfactoriamente ya que éste cuenta con todas las facilidades pertinentes, logrando que el ambiente al interior del PCR Contenerizado aporta a la comodidad y seguridad del operador de dicha Sala Eléctrica.



**Figura 2.41. Factibilidad para operación y labores de mantenimiento**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

- j) Debido al proceso IPC de fabricación de un PCR Contenerizado, es factible generar soluciones a la medida del usuario final, adicionalmente si el fabricante – integrador es local, es mucho más viable el ajustar el diseño a las necesidades particulares del cliente, siendo consientes también de la realidad del país, lo cual también puede ser una ventaja adicional, por ejemplo, los limitantes que se dan con las importaciones. La personalización del diseño del PCR implica aspectos técnicos pero también terminados estéticos, por lo que se puede definir colores ó logos.



**Figura 2.42. Diseño a medida de un PCR Contenerizado**

**Fuente: (PIL S.A., 2009)**

- k) La capacidad de desarrollar PCR's Contenerizados personalizados tiene una implicación adicional, la posibilidad de desarrollar prototipos de particular uso, con sistemas autónomos de energía, sistemas piloto de climatización, facilidades particulares, etc. Esta capacidad hace que se pueda ofrecer soluciones para cualquier tipo de industria y poder introducir Salas Eléctricas en zonas clasificadas y no clasificadas.



**Figura 2.43. Prototipo Sala Contenerizada Stand Alone**

**Fuente: (Phaesun, 2011)**

- l) Las características de materiales y de construcción de un PCR Contenerizado permite que estos puedan ser ubicados en zonas con entornos difíciles, ya sea con condiciones de temperatura, humedad, y corrosión hostiles. Las propiedades de hermeticidad el que PCR son parte de su desempeño.



**Figura 2.44. Sellado y hermeticidad PCR Contenerizado**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

- m) Las dimensiones y peso de la Sala Eléctrica siempre dentro de parámetros técnicos y logísticos razonables y apearse a normativas pertinentes, de modo que se lo pueda manipular con solvencia.
- n) Un PCR Contenerizado presenta características de aislamiento térmico en sus paredes, techo y piso, en tal motivo puede mantener en su interior, con la ayuda de los equipos de climatización pertinentes, condiciones ideales de

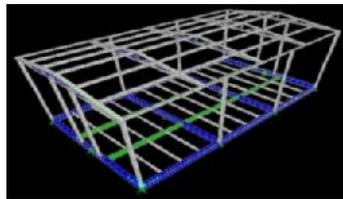
temperatura, humedad, presión para la operación y vida útil de los equipos eléctricos contenidos en esta sala, así como también un ambiente cómodo para el operador.



**Figura 2.45. PCR Contenerizado de dimensiones y características manejables, con aislamiento térmico, facilidades para operación y mantenimiento, servicios auxiliares y sistema de climatización**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

- o) Facilidades funcionales y de seguridad para el operador como son escaleras, accesos a techo, camineras, viseras cubre lluvia, puertas con barra anti pánico, iluminación de emergencia, iluminación y tomas regulares, placas y facilidades de ingreso de cableado, facilidades de interconexión a malla de tierra en sitio, servicios auxiliares en general.
- p) Diseño y construcción conforme estándar de zona sísmica y resistencia al viento, del punto exacto donde se ubicará el PCR Contenerizado.



**Figura 2.46. Diseño estructural, deformaciones aplicadas**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

- q) Provisión de la totalidad de la Sala Eléctrica Contenerizada, en todas sus disciplinas a través de un solo proveedor, de modo que el fabricante del PCR Contenerizado se encargue de coordinar e integrar todas las disciplinas, directamente o a través de proveedores multi-marcas, en una sola Sala Eléctrica.



**Figura 2.47. Integración multidisciplinaria para fabricación de un PCR Contenerizado**

**Fuente: (PIL S.A., 2009)**

- r) De generarse la oportunidad de que empresas ecuatorianas desarrollen Salas Eléctricas Contenerizadas se da un gran Impulso a la producción nacional, propiciando el ingreso de capitales y generando beneficios de índole fiscal, estimulando así, el desarrollo tecnológico del país y se crea plazas de trabajo.

- s) Debido a que el proceso de diseño y fabricación cumple regulaciones y estándares multidisciplinarios, paralelo a la construcción de un PCR Contenerizado, se ejecuta un plan de calidad, con procedimientos y registros que garantizan la calidad del producto terminado.



**Figura 2.48. Dossier de Calidad PCR Contenerizado**

**Fuente: (PIL S.A., 2009)**

- t) El PCR Contenerizado posee capacidad total de gestión de actividades eléctricas de una determinada locación, conforme requerimientos del usuario final, lo que implica que presenta condiciones muy variadas para suministro, control y monitoreo de un determinado proceso eléctrico.



**Figura 2.49. Diseño de PCR Contenerizado adecuado para suministro de energía en Media Tensión**

**Fuente: (SLACOL, 2012)**

### 2.2.3. APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA PETROLERA

Las Salas de Control Eléctricas Contenerizadas se emplean como sub-estaciones transportables para suministro, monitoreo y control de energía eléctrica en media tensión y baja tensión, en plataformas y áreas de producción donde no es conveniente instalar sub-estaciones definitivas o a su vez, donde siendo aplicable instalaciones permanentes, se requiere optimizar costos o las condiciones del sitio ameritan que la intervención en la zona sea con el menor impacto posible, este caso se da, por ejemplo, en áreas protegidas, las cuales son en extremo sensibles.



**Figura 2.50. Locación remota dentro de zona protegida, Boque 31**

**Fuente: (PETROAMAZONAS EP, 2013)**

La actividad petrolera, debido a su naturaleza implícita, es una industria con amplias posibilidades de uso de equipos contenerizados, ya que requiere intervenir zonas ubicadas dentro de áreas protegidas y es común que estos sitios tengan una ubicación en extremo remota. Adicionalmente, la industria petrolera está en constante cambio, ya que su rentabilidad depende de la explotación de nuevos yacimientos y la optimización de sus procesos de producción.

### **2.2.3.1. EN FASE DE UPSTREAM**

En la fase de Upstream, revisada ya en la sección 2.1.4.1., las Salas de Control Eléctricas Contenerizadas son de gran utilidad en las actividades de exploración, perforación y extracción, ya que su funcionalidad, su capacidad de ser transportable y de fácil integración hace que éstas puedan ser movilizadas sin mayor inconveniente de forma conjunta con el resto de facilidades. Debe considerarse que las fases de Upstream son dependientes del comportamiento del yacimiento.



**Figura 2.51. Exploración, perforación y extracción de petróleo**

**Fuente: (PETROAMAZONAS, 2006)**

Para las actividades de tratamiento del crudo, si bien es cierto aplica el desarrollo de instalaciones definitivas, el uso de PCR Contenerizados puede ser beneficioso en el caso de que se esté interviniendo zonas protegidas o se pretenda realizar actividades en sitios remotos u Off-Shore. Adicionalmente, si se requiere optimizar costos y espacio, un sistema contenerizado puede ser la mejor alternativa.



**Figura 2.52. PCR Contenerizado Off-Shore**

**Fuente: (SLACOL, 2012)**

Dentro de las actividades contempladas para un PCR Contenerizado, en la fase de Upstream, la aplicación será el suministro, control y monitoreo de energía eléctrica en media y baja tensión para arranque de bombas y motores; así como monitoreo / control de variables operativas provenientes de su periferia (transmisores) y la habilitación de servicios auxiliares.

#### **2.2.3.2. EN FASE DE MIDSTREAM**

En la fase de Midstream, revisada ya en la sección 2.1.4.2., las Salas de Control Eléctricas Contenerizadas son aplicables, ya que si bien es cierto ese tipo de actividades se desarrollan en puntos estratégicos definitivos, éstos pueden ser zonas protegidas o sitios remotos.



**Figura 2.53. Estación de bombeo Oleoducto - OCP**

**Fuente: (AZUL, 2007)**

Dentro de las actividades contempladas para un PCR Contenerizado, en la fase de Midstream, la aplicación será el suministro, control y monitoreo de energía eléctrica en media y baja tensión para arranque de bombas y motores; así como monitoreo / control de variables operativas provenientes de su periferia (transmisores) y la habilitación de servicios auxiliares. Esto podría ser a lo largo de un oleoducto.

### **2.2.3.3. EN FASE DE DOWNSTREAM**

Para las actividades de refinación de crudo, especificadas como Downstream, si bien es cierto aplica el desarrollo de instalaciones definitivas, el uso de PCR Contenerizados puede ser beneficioso en el caso de que requiera optimizar costos y espacio.



**Figura 2.81. PCR en refinerías – Refinería de Esmeraldas**

**Fuente: (DIARIO LA HORA, 2010)**

Dentro de las actividades contempladas para un PCR Contenerizado, en la fase de Midstream, la aplicación será el suministro, control y monitoreo de energía eléctrica en media y baja tensión para arranque de bombas y motores; así como monitoreo / control de variables operativas provenientes de su periferia (transmisores) y la habilitación de servicios auxiliares.

### 3. CAPITULO III

#### DEFINICIÓN DE REGULACIONES, CONCEPTOS TÉCNICOS, EQUIPOS Y SISTEMAS, RELEVANTES EN EL PROCESO DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE UN PCR CONTENERIZADO

##### 3.1. REGULACIONES.

Para el desarrollo de un proyecto, las regulaciones se establecen mediante normas o recomendaciones técnicas estandarizadas. Una norma o código es un documento oficial que sirve para evaluar y certificar, el mecanismo de ejecución de una determinada actividad, considerando los siguientes aspectos:

- a) La actividad que un ejecutor o equipo técnico debe ser capaz de hacer.
- b) La forma en que puede juzgarse si la actividad realizada por el ejecutor o equipo técnico, está bien hecha.
- c) Bajo qué condiciones un ejecutor o equipo técnico debe mostrar su aptitud.

Dichas normas son generadas, patrocinadas y aplicadas por un ente regulador calificado y reconocido.

Puntualizando, una norma técnica es un documento que contiene definiciones, requisitos, especificaciones de calidad, terminología, métodos de ensayo o

información de rotulado. La elaboración de una norma técnica está basada en resultados de la experiencia, la ciencia y del desarrollo tecnológico, de tal manera que se pueda estandarizar procesos, servicios y productos. Es importante, tener presente, que toda norma publicada es sólo una guía y requiere la aplicación de los criterios de ingeniería pertinentes.

En el Ecuador el INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) regula todos los procesos de construcción en las disciplinas antes mencionadas, que en muchos casos son adaptaciones de Normas Internacionales o simplemente la traducción de la Norma respectiva.

Las prácticas o regulaciones en las cuales debe encajarse la construcción del PCR Contenerizado, en las disciplinas civil, mecánica, arquitectónica, eléctrica, instrumentación, control, comunicaciones, y que permiten realizar labores con seguridad del ejecutor e instalaciones, y que permiten obtener un trabajo final óptimo, son los códigos o normas.

De inicio y debido a que el objetivo de este proyecto, es establecer los lineamientos para diseño y construcción de un PCR Contenerizado para aplicación en industria petrolera, se debe seguir las recomendaciones multidisciplinarias dadas por:

- a) API, American Petroleum Institute.

Posteriormente deben establecerse los parámetros estándar para el desarrollo estructural, soldadura, pintura, condiciones de izaje, condiciones de ensamblaje en campo, terminados arquitectónicos, conforme recomendaciones de:

- a) ASME, American Society of Mechanical Engineers.
- b) AISC, American Institute of Steel Construction.
- c) AWS, American Welding Society.
- d) ASCE, American Society of Civil Engineers.
- e) IBC, International Building Code.
- f) CEC, Código Ecuatoriano de la Construcción.
- g) ASTM, American Society for Testing Materials.
- h) ANSI, American National Standards Institute.

Debido a la naturaleza implícita de la aplicación que se le va a dar a un PCR Contenerizado, se debe poner particular atención en seguir las recomendaciones establecidas por:

- a) ISA, International Society of Automation
- b) NEMA, National Electrical Manufacturers Association
- c) NFPA, National Fire Protection Association
- d) NEC, Código Eléctrico Nacional.
- e) IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- f) ICEA, Insulated Cable Engineers Association.

- g) UL, Underwriters Laboratories Inc.
- h) ANSI, American National Standards Institute.

Como más común, propio de Estados Unidos de América, muchos países han adoptado la norma NFPA (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego) como su código eléctrico, con las modificaciones locales aplicables a la realidad de cada país. La NFPA 70, patrocina, controla y publica el NEC, el cual es revisado cada 3 años desde 1897, y que en síntesis permite salvaguardar a las personas y a los activos de los riesgos derivados del uso de la electricidad.

En el Ecuador, debido a la gran influencia de empresas americanas a lo largo de su historia industrial, la NFPA 70 ó NEC es la norma principal que regula las actividades eléctricas en el área petrolera, lógicamente existen varias adicionales para temas eléctricos específicos.

Con ayuda de la Tabla 3.1. se hace un resumen de las normas y recomendaciones específicas que deben tomarse en cuenta para el proceso de ingeniería y fabricación de una Sala de Control Eléctrica Contenerizada.

**Tabla 3.1. Normas y Recomendaciones Técnicas aplicables en la Ingeniería y Construcción de una Sala de Control Eléctrica Contenerizada**

ESTANDAR GENERAL	NORMA O RECOMENDACIÓN	
	TÉCNICA ESPECÍFICA	DETALLE
AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE – API	API 500	ANEXO A
	API RP 540	ANEXO A

**CONTINUA** 

INTERNATIONAL SOCIETY OF AUTOMATION – ISA	ISA 77	ANEXO B
	ISA 99	ANEXO B
	ISA RP 12.06.01	ANEXO B
	ISA S 12	ANEXO B
	ISA RP 12	ANEXO B
	ISA S 12.24.01	ANEXO B
	ISA S 51.1	ANEXO B
NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION – NEMA	NEMA 250	ANEXO C
	NEMA IB4	ANEXO C
	NEMA PE 5-1997 (R2003) / PE 7	ANEXO C
	NEMA AB 1	ANEXO C
	NEMA PV 5	ANEXO C
	ICEA S-19-81	ANEXO C
	ICEA S-68-516	ANEXO C
	NEMA VE-1	ANEXO C
	NEMA VE-2	ANEXO C
	NEMA FB 2.10-2013	ANEXO C
	NEMA AB1	ANEXO C
	NEMA PB1	ANEXO C
	NEMA ICS	ANEXO C
	NEMA KSI	ANEXO C
	NEMA FA1	ANEXO C
	NEMA LE1	ANEXO C
	NEMA SG 10-2008	ANEXO C
NEMA SG 5-1995	ANEXO C	
NEMA ICS 18-2001 (R2007)	ANEXO C	
NEMA ST20	ANEXO C	
NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION - NFPA	NFPA 10	ANEXO D
	NFPA 70 - NEC	ANEXO D
		ANEXO E
	NFPA 70B	ANEXO D
	NFPA 70E	ANEXO D
	NFPA 72	ANEXO D
	NFPA 101	ANEXO D
	NFPA 496	ANEXO D
NFPA 497	ANEXO D	
NFPA 258	ANEXO D	
AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS – ASTM	ASTM B8	ANEXO F
	ASTM B33	ANEXO F
	ANSI B1.1	ANEXO G
	ANSI C37.06	ANEXO G
	ANSI C37.11	ANEXO G
	ANSI C37.13	ANEXO G
	ANSI C37.16	ANEXO G
	ANSI C37.50	ANEXO G


 CONTINUA

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE – ANSI	ANSI C37.51	ANEXO G
	ANSI C57.12.00	ANEXO G
	ANSI C57.13	ANEXO G
	ANSI C37.04	ANEXO G
	ANSI C37.20	ANEXO G
	ANSI C76.1	ANEXO G
	ANSI 37.90	ANEXO G
	ANSI U1	ANEXO G
	ANSI / IES RP-7	ANEXO G
ANSI / IES RP-8	ANEXO G	
INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS – IEEE	IEEE 450	ANEXO H
	IEEE 484	ANEXO H
	IEEE 485	ANEXO H
	ANSI/IEEE C37.04	ANEXO H
	ANSI/IEEE C37.09	ANEXO H
	ANSI/IEEE C37.010	ANEXO H
	IEEE 80	ANEXO H
	ANSI/IEEE C62.1	ANEXO H
	ANSI/IEEE C37.20	ANEXO H
	ANSI/IEEE C57.12.01	ANEXO H
	ANSI/IEEE C57.12.90	ANEXO H
	ANSI/IEEE C57.12.91	ANEXO H
	IEEE 112	ANEXO H
	IEEE 32	ANEXO H
	IEEE 141	ANEXO H
	IEEE C37.100	ANEXO H
	IEEE 142	ANEXO H
IEEE 1100	ANEXO H	
INSULATED CABLE ENGINEERS ASSOCIATION – ICEA	ICEA S-19-81, NEMA WC-3	ANEXO I
	ICEA S-68-516, NEMA WC-8-516	ANEXO I
	ICEA 6	ANEXO I
	ICEA S-66-524	ANEXO I
	ICEA S-68-516	ANEXO I
ICEA S-82-552	ANEXO I	
UNDERWRITERS LABORATORIES – UL	ANSI/UL 44	ANEXO J
	UL 6, ANSI C80.1	ANEXO J
	UL 797, ANSI C80.3	ANEXO J
	UL 514, ANSI C80.4	ANEXO J
	UL 886	ANEXO J
	UL 360	ANEXO J
	UL 651	ANEXO J
	UL 57	ANEXO J
	UL 844	ANEXO J
	UL 924	ANEXO J
UL 67	ANEXO J	
UL 489	ANEXO J	


 CONTINUA

	UL 508	ANEXO J
	UL 845	ANEXO J
AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS - ASME		ANEXO K
AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION - AISC		ANEXO L
AMERICAN WELDING SOCIETY – AWS		ANEXO M
AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS – ASCE		ANEXO N
INTERNATIONAL BUILDING CODE – IBC		ANEXO O
CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN - CEC	CPE INEN 5 - Parte 1:2001	ANEXO P

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

### **3.2. GRADO DE ESTANQUEIDAD**

El grado de estanqueidad hace referencia al nivel de protección que tienen los equipos y materiales eléctricos y electrónicos ante el medio donde sean instalados y usados.

El grado de protección que proporciona un cerramiento o envolvente, contra el acceso de partículas peligrosas, contra la penetración de cuerpos sólidos extraños, contra la penetración de agua y contra la influencia del ambiente, es especificado conforme las recomendaciones de la NEMA 250. La Tabla 3.2. detalla cada nivel de protección y su denominación.

**Tabla 3.2. Grado de Estanqueidad conforme NEMA 250**

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>GRADO DE PROTECCIÓN</b>
<b>NEMA PARA AREAS CLASIFICADAS NO PELIGROSAS</b>	
NEMA 1	Cerramientos destinados al uso en interiores y para proporcionar algún grado de protección contra el contacto accidental con el equipo contenido o ubicaciones donde las condiciones de servicio inusual no existen
NEMA 2	Cerramiento para uso interior principalmente diseñado para proporcionar un grado de protección contra limitadas cantidades de polvo y caída de agua
NEMA 3	Cerramiento diseñado principalmente para uso exterior y proporcionar un grado de protección contra ventiscas de polvo, lluvia, suciedad y formación externa de hielo
NEMA 3R	Cerramientos destinados principalmente para uso intemperie, para proporcionar un grado de protección contra ventiscas de polvo o polvareda, lluvia, escarcha, formación de hielo
NEMA 3S	Cerramientos destinados principalmente para uso intemperie, para proporcionar un grado de protección contra ventiscas de polvo o polvareda, lluvia, escarcha, y previsto de mecanismos de operación cuando es cargado por hielo en su exterior
NEMA 4	Cerramientos destinados principalmente para uso interior o exterior, proporcionan un grado de protección contra ventiscas de polvo o lluvia impulsada por el viento, salpicaduras de agua, agua rociada por manguera, formación de hielo en su exterior
NEMA 4X	Para uso interior y exterior proporcionando protección contra corrosión, polvo y lluvia impulsados por el viento, salpicadura de agua, agua procedente de manguera y formación de hielo en el exterior
NEMA 5	Cerramientos destinados principalmente para uso interior, proporcionan un grado de protección contra caída de polvo o suciedad, y salpicado de líquidos no corrosivos
NEMA 6	Cerramientos para uso interior y exterior proporcionando protección contra el ingreso de agua en eventual u ocasional sumergimiento a limitadas profundidades

**CONTINUA** 

NEMA 6P	Cerramientos destinados al uso interior y exterior proporcionando protección contra el ingreso de agua en prolongado sumergimiento a limitadas profundidades
NEMA 11	Cerramientos principalmente destinados al uso en interiores, proporciona un grado de protección contra la sumergimiento en aceite, ofrece resguardo al equipo instalado en su interior contra los efectos de líquidos y gases corrosivos
NEMA 12	Para uso interior proporcionando protección contra el polvo, suciedad y vertido de líquidos no corrosivos
NEMA 12K	Cerramientos con huecos pre elaborados (knock-outs) destinados al uso en interiores, primariamente para proporcionar un grado de protección contra polvo, suciedad y goteo de líquidos no corrosivos
NEMA 13	Cerramiento para uso interior diseñado principalmente para proporcionar un grado de protección contra polvo, salpicadura de agua, aceite y refrigerantes no corrosivos
<b>NEMA PARA AREAS CLASIFICADAS PELIGROSAS</b>	
NEMA 7	Cerramiento para ser utilizado en áreas peligrosas interiores, clasificadas como Clase I, Grupo A, B, C o D, según norma. Este cerramiento debe ser capaz de soportar la presión resultante de una explosión producida en su interior debida a la ignición de gases específicos, y contener los efectos de tal explosión para que no se produzcan igniciones de los gases circundantes al cerramiento
NEMA 8	Cerramiento para ser utilizado en áreas peligrosas interiores o exteriores, clasificadas como Clase I, Grupo A, B, C o D, de acuerdo a lo establecido en el C.E.N. Este cerramiento prevé que los dispositivos colocados en su interior estén inmersos en aceite, por lo que los arcos eléctricos están confinados al aceite, para que no se produzcan igniciones de los gases circundantes al cerramiento
NEMA 9	Cerramiento para ser utilizado en áreas peligrosas interiores, clasificadas como Clase II, Grupo E, F o G, de acuerdo a lo establecido en el C.E.N. Este cerramiento debe ser capaz de evitar que ingresen partículas de polvos combustibles que puedan producir explosiones en su interior y no generar


 CONTINUA

<b>NEMA 10</b>	temperaturas que produzcan igniciones de los gases o fibras circundantes al cerramiento <b>Cerramientos no ventilados, son fabricados para aplicaciones de seguridad en actividades de minería</b>
----------------	---

Fuente: (NEMA - Enclosure Types, 2005)

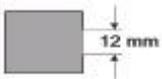
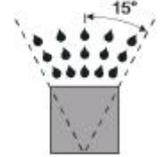
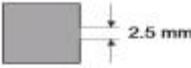
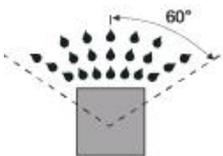
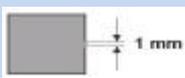
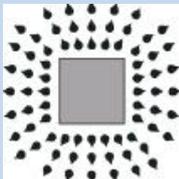
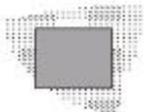
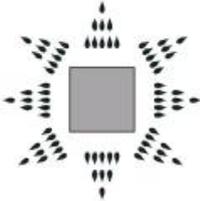
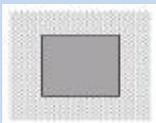
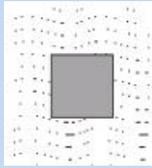
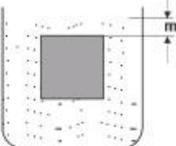
Las recomendaciones de grado de estanqueidad NEMA 250, tienen equivalencia con la International Electrotechnical Commission conforme la norma IEC 60529, mediante la Tabla 3.3. se detalla cada nivel de protección y su denominación IP + 1er dígito + 2do dígito, por ejemplo:

Un gabinete IP65, significa que el gabinete tiene “protección total contra polvo” y “protección contra chorros de agua a baja presión”, conforme verificación en tabla.

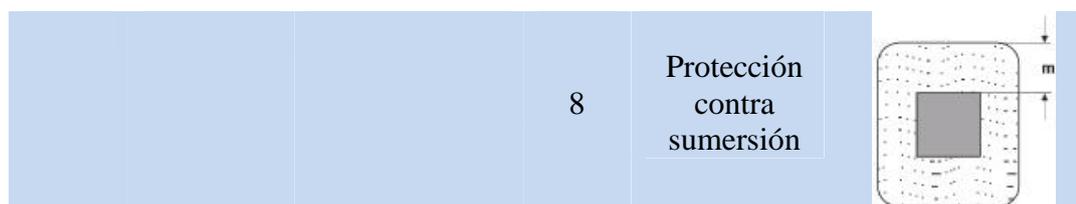
**Tabla 3.3. Grado de Estanqueidad conforme IEC 60529**

1er dígito	Grados de protección con respecto a cuerpos extraños y objetos sólidos	2do dígito	Grado de protección con respecto al ingreso perjudicial de agua
0	Sin Protección	0	Sin Protección
1	Protección contra objetos sólidos con $\varnothing$ 50 mm y superior	1	Protección contra caídas verticales de agua
2	Protección contra objetos	2	Protección contra caídas verticales de

**CONTINUA** 

	sólidos con $\varnothing$ 15.5 mm y superior			gotas de agua para una inclinación máxima de 15°	
3	Protección contra objetos sólidos con $\varnothing$ 2.5 mm y superior		3	Protección contra salpicaduras de agua de un ángulo hasta 60° en ambos lados	
4	Protección contra objetos sólidos con $\varnothing$ 1.0 mm y superior		4	Protección contra salpicaduras de agua en todas direcciones	
5	Protección contra polvo a una presión de 200 mm de columna de agua		5	Protección contra chorros de agua a baja presión	
6	Protección total contra polvo		6	Protección contra agua que por momentos inunda el equipo por ejemplo mares embravecidos	
			7	Protección contra inmersión	

CONTINUA 



**Fuente: (National Electrical Manufacturers Association, 2004)**

Es importante mencionar los grados de estanqueidad de los encapsulados debido a que en el interior del PCR se dispondrán varios equipos eléctricos de los cuales es necesario definir este parámetro.

La Tabla 3.4. muestra la equivalencia de grado de estanqueidad entre IEC 60529 y NEMA 250.

**Tabla 3.4. Tabla cruzada, grado de estanqueidad IEC Vs. NEMA**

NEMA	Sistema de clasificación de protecciones según IEC							
	IP23	IP30	IP32	IP55	IP64	IP65	IP66	IP67
NEMA 1	X							
NEMA 2		X						
NEMA 3					X			
NEMA 3R			X					
NEMA 3S					X			
NEMA 4							X	
NEMA 4X							X	
NEMA 6								X
NEMA 12				X				
NEMA 13						X		

**Fuente: (NEMA - Enclosure Types, 2005)**

### 3.3. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS PELIGROSAS.

Las áreas peligrosas son lugares donde existe la posibilidad de incendio o explosión debido a los gases, polvos o fibras en la atmósfera (SOR Instrumentación de Procesos, 2008).

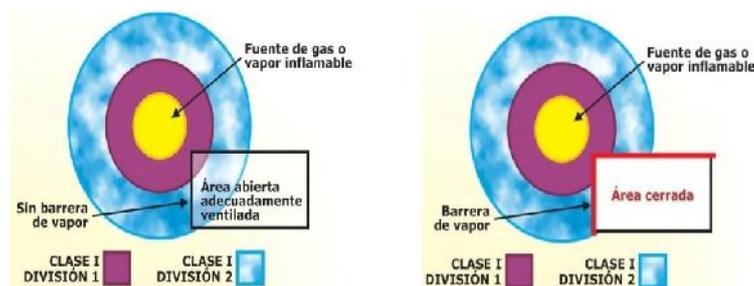
En América del Norte, las áreas peligrosas se diferencian en “clases”, “divisiones” y “grupos” para definir el nivel de seguridad necesaria para los equipos instalados en estos lugares, así:

- a) **Clases:** Definen la probabilidad de la presencia de materiales inflamables en la atmósfera.
- b) **Divisiones:** Definen en forma general los materiales inflamables y la regularidad con la que se encuentran presentes.
- c) **Grupos:** Clasifican de manera exacta la naturaleza inflamable del material.

En el Ecuador se ha adoptado, como casi en todos los casos, el estándar americano, debido a la influencia de las empresas petroleras pioneras en la actividad petrolera en el Oriente ecuatoriano.

Particularmente para desarrollo de un Cuarto de Control Eléctrico Contenerizado, debido a estar en áreas de influencia petrolera, se debe considerar que debe estar ubicado en zonas clasificadas no peligrosas, donde sin bien es cierto existe

la posibilidad de gases y vapores inflamables, no sería el común sino un evento aislado, por tanto todo el diseño debería considerarse para un área Clase I – División 2. Solo en ciertos casos, cuando el riesgo de gases contaminados sea permanente, debería considerarse Clase I – División 1.



**Figura 3.1. Zonas clasificadas aplicables para un PCR Contenerizado**

**Fuente: (PEMEX, 2003)**

En Europa y países de su influencia, la clasificación de las áreas peligrosas se realiza de manera diferente, con “zonas”, “tipos” y “grupos”.

- a) **Zonas:** Se utilizan para definir la probabilidad de la presencia de materiales inflamables.
- b) **Tipos:** Indican el nivel de seguridad para el dispositivo.
- c) **Grupos:** Clasifican de manera exacta la naturaleza inflamable del material.

Estos grupos se dividen de manera diferente en el estándar americano.

### 3.3.1. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS PELIGROSAS

- a) **CLASE I:** Presencia en el aire de gases o vapores inflamables suficientes para producir una explosión o una mezcla inflamable.
- b) **CLASE II:** Presencia de polvos combustibles o conductores.
- c) **CLASE III:** Presencia de polvos o fibras inflamables pero no en cantidad suficiente para producir mezclas inflamables.
  
- d) **DIVISIÓN 1:** La sustancia mencionada en clase se encuentra presente en condiciones normales.
- e) **DIVISIÓN 2:** La sustancia mencionada en clase se encuentra presente sólo en condiciones anormales, como un defecto en el recipiente o una falla del sistema.
  
- f) **GRUPO A:** Acetileno.
- g) **GRUPO B:** Acroleína, Butadieno, Óxido de etileno, Hidrógeno, Gases manufacturados con más de 30% de hidrógeno, Óxido de propileno, etc.
- h) **GRUPO C:** Etileno, Acetaldehído, Monóxido de Carbono, Éter de dietilo, etc.
- i) **GRUPO D:** Gasolina, Propano, Butano, Metano (Gas Natural), Acetona, Amoniaco, Metanol, Etano, entre otros.

- j) **GRUPO E:** Atmósferas con polvos metálicos, incluyendo aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales, y otros metales cuyas partículas presentan características igualmente peligrosas.
- k) **GRUPO F:** Atmósferas con polvos de negro humo, polvos de carbón o que contengan más del 8% del total de material volátil o atmósferas que contiene estos polvos sensibilizados por otros materiales de manera que presenten un peligro de explosión (otros polvos de carbón: coque, carbón negro, etc.)
- l) **GRUPO G:** Atmósferas con harinas, almidones o polvos de granos, etc.

#### **3.4. NIVELES DE TENSIÓN, MEDIA Y BAJA TENSIÓN**

En lo referente al manejo de niveles de tensión en el Ecuador, se contempla los lineamientos influenciados por empresas americanas, por tanto se procede de conformidad con la normativa ANSI C84.1-1995 (American National Standards Institute, 2013), que establece los siguientes valores de voltaje:

- a) **Bajo Voltaje:** Voltajes nominales de sistemas menores a 1KV.
- b) **Medio Voltaje:** Voltajes nominales de sistemas entre 1KV y 100KV.
- c) **Alto Voltaje:** Voltajes nominales de sistemas mayores a 100KV.

Sin embargo, el criterio técnico de las entidades reguladoras de actividades eléctricas en el país estipulan rangos de niveles de tensión diferentes. El CONELEC

en su Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad establece los siguientes valores (CONELEC, 2005):

- a) **Baja Tensión:** Voltajes nominales de sistemas menores a 600V.
- b) **Media Tensión:** Voltajes nominales de sistemas entre 600V y 40KV.
- c) **Alta Tensión:** Voltajes nominales de sistemas mayores a 40KVA.

### **3.5. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL PCR CONTENERIZADO**

Un Cuarto de Control Eléctrico Contenerizado está compuesto por varios elementos, sean estos equipos, sistemas y materiales de las disciplinas que se consolidan para diseñarlo y luego fabricarlo. Cada uno de estos componentes debe detallarse con sus características principales, determinando así los requerimientos técnicos mínimos a cumplirse dentro de un equipo de uso tan crítico y específico.

Un PCR Contenerizado está compuesto por equipos eléctricos y electrónicos, materiales eléctricos, materiales mecánicos, sistemas eléctricos y electrónicos, por mencionar algunos. Cada material, equipo o sistema debe poseer características acorde a la aplicación de la Sala Eléctrica y de la zona donde se lo ubique, sin embargo se puede establecer un contenedor genérico capaz de adaptarse a la mayor cantidad de aplicaciones, siendo necesario afinar el diseño, del contenedor y facilidades, solo cuando las condiciones ambientales o ubicación sean poco tradicionales, por ejemplo en zonas clasificadas como altamente peligrosas, en

plataformas submarinas o en zonas de alto riesgo sísmico. Debe recordarse que el diseño eléctrico siempre será a la medida, ya que la aplicación de la Sala Eléctrica es múltiple.

Indistintamente de la aplicación del PCR Contenerizado, hay facilidades que son estándar, y el diseño que se pretende sustentar con el presente proyecto también lo es, por lo que a continuación se lista los componentes que mas adelante serán descritos de forma específica:

- a) Modelo estructural y terminados arquitectónicos.
- b) Sistema de climatización.
- c) Soportería eléctrica.
- d) Rutas de conduit, ductos y bandejas porta-cables.
- e) Cableado eléctrico, de instrumentación y control.
- f) Sistema de detección y extinción de incendios.
- g) Sistema de iluminación interior, exterior y de emergencia.
- h) Sistema de tomacorrientes de energía regulares y respaldados.
- i) Tableros de distribución de baja tensión.
- j) Sistema de energía ininterrumpida en VAC, UPS.
- k) Sistema de energía ininterrumpida en VDC, Rectificador.
- l) Tablero de control y comunicaciones.
- m) Switchgear.
- n) Sistema de tierra.

- o) Sistema contra descargas atmosféricas.

### **3.5.1. MODELO ESTRUCTURAL Y TERMINADOS ARQUITECTÓNICOS.**

El desarrollo del Cuarto de Control Eléctrico Contenerizado amerita un proceso de evaluación técnica y análisis de la estructura en función de las condiciones de operación previstas para dicha sala. El estudio se sustenta en la implantación de modelos de simulación que reflejan la geometría de los arreglos mecánicos involucrados y el análisis de los esfuerzos generados a razón de las condiciones de carga generados sobre la estructura.

La evaluación detallada se hace para determinar si hay sometimiento de algunos componentes o elementos a esfuerzos superiores a los máximos permisibles, condición que pueda degenerar en situaciones de deformaciones y/o daños a la misma, producto de las cargas externas.

La evaluación se realiza de acuerdo a las normas, procedimientos y mejores prácticas de ingeniería aplicables en el análisis de estructuras y determinación de cargas sobre los componentes de equipos.

Este análisis implica un cálculo, cuyo fin es mostrar el desempeño de la estructura, lo cual permite a su vez, definir si existe una adecuada distribución de

soportes que asegure la estabilidad estructural del conjunto y realizar un análisis de deflexiones sobre el mismo.



**Figura 3.2. Vista y análisis de modelo estructural**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

El diseño y fabricación del PCR Contenerizado será realizado en base a las normas dadas por AISC, AWS, ASCE, IBC, CEC (Tabla 3.1., 2014).

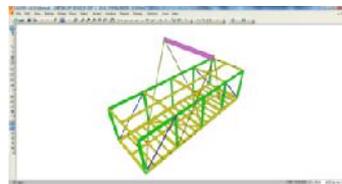
Para los terminados estructurales y arquitectónicos diseñados para el PCR Contenerizado, se puede detallar que, las paredes son de panel de acero inyectado con poliuretano expandido anti flama tipo sándwich, de ese modo, se basa en una estructura mixta fabricada en perfilería metálica laminada en caliente de acero soldable de espesor superior a 5mm y en perfilería delgada laminada en frío de espesores menores a 5mm. Las bases de apoyo para la estructura están constituidas por placas metálicas de acero A36 en espesor mayor a 12 mm, y soportería estructural.

El modelo se considerara como una estructura unida mediante nudos elásticamente sustentados con elementos continuos para cada sección principal,

y en tramos más pequeños en elementos secundarios que se unan mediante soldadura. Los elementos que constituirán el Modelo estarán sujetos a los soportes de carga.

Finalmente el modelo se asentará directamente sobre placas soldadas a pilotes de acero, lo cuales también son determinados conforme análisis previo conforme condiciones del sitio.

El modelo estructural incluye un análisis técnico muy específico de condiciones de apoyo e izaje, materiales, secciones de elementos, y detalles de carga.



**Figura 3.3. Análisis de condiciones de izaje**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

### **3.5.2. SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN.**

El desarrollo del Cuarto de Control Eléctrico Contenerizado amerita la evaluación y selección del sistema de aire acondicionado, tomando en cuenta las cargas térmicas a disipar y las condiciones de servicio, para este fin, se considera lo siguiente:

- a) Condiciones generales de sitio e interiores en el cuarto eléctrico, requerimientos para el área de equipos eléctricos, área de control comunicaciones y área de sistemas de respaldo de energía.
- b) Evaluación de cargas térmicas a disiparse en el área de equipos eléctricos, área de control comunicaciones y área de sistemas de respaldo de energía.
- c) Resultados de evaluación de cargas térmicas analizadas.
- d) Dimensionamiento y preselección de equipos de aire acondicionado.

Para establecer las condiciones iniciales de diseño, es importante disponer de información preliminar, bajo esta necesidad, en la Tabla 3.5. se listan los datos considerados para preselección de equipos de aire acondicionado.

**Tabla 3.5. Datos preliminares de diseño de sistema de climatización**

<b>CONDICIONES DE SITIO</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>VALORES SUGERIDOS</b>
Temperatura exterior máxima en sitio.	°F/°C	104 / 38,8
Humedad relativa máxima en sitio.	%	99,9
Presión atmosférica máxima.	PSIA	14,32
<b>CONDICIONES INTERIORES ACEPTABLES</b>		
Temperatura interior aceptable.	°F/°C	77,0 / 24,0
Humedad relativa interior aceptable.	%	40 - 50
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS SELECCIONADOS</b>		
Ubicación de equipos	-	Interior
Tipo de acondicionamiento.	-	Industrial
Marcas aceptadas	-	LIEBERT / YORK / MARVAIR
Filtrado de aire.	-	Si
<b>CARACTERÍSTICAS DEL CUARTO ELÉCTRICO</b>		
Longitud cuarto eléctrico	m	12,15
Longitud área equipos eléctricos	m	9,80
Longitud área baterías.	m	2,35
Profundidad cuarto de eléctrico.	m	4,00

**CONTINUA** 

Altura cuarto eléctrico.	m	3,50
Material de paredes y techo.	-	Lámina galvanizada con poliuretano inyectado.
Espesor de paredes.	mm	60,00
<b>Espesor de techo.</b>	<b>mm</b>	<b>40,00</b>

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

Para el cálculo de cargas a disipar en el Cuarto Eléctrico Contenerizado, es importante tener presente lo detallado a continuación:

- a) Se considera la ubicación del PCR Contenerizado en un sitio alejado de equipamiento exterior que genere calor que pueda ser transferido al sistema a través del viento a las paredes y techo.
- b) Se considera que el intercambio de calor entre cuarto de sistemas de respaldo de energía y cuarto eléctrico a través de puerta y paredes es despreciable dado que estas zonas se mantienen a temperatura similar.
- c) Se considera fuera de cálculo de cargas térmicas la influencia de intercambio de aire desde el exterior debido a apertura de puertas (el cuarto no tiene ventanas), ya que esta carga es ocasional.
- d) El cálculo de cargas térmicas se desarrolla de conformidad con el NEC 440 y su complemento en el Cap. 29 - ASHRAE 2001, para cálculo de cargas de enfriamiento en zonas no residenciales.

En función del análisis recomendado se define los aires acondicionados a usarse en el PCR Contenerizado, tomando en cuenta además la capacidad requerida,

las características físicas, los factores de alimentación eléctrica, las facilidades periféricas al contenedor. De ese modo se puede concluir en el uso de un solo equipo de aire acondicionado o varios, lógicamente en ambos casos debe existir un equipo de redundancia. En otros casos la decisión apunta a climatizar por zonas, y no necesariamente implica el uso de un mismo tipo de aire acondicionado, ya que se puede usar equipos de precisión tipo torre o tipo mochila, de semiprecisión tipo torre o tipo mochila y tipo Split.

- a) **Sistemas de Precisión:** Los sistemas de enfriamiento de precisión están diseñados específicamente para satisfacer las necesidades de densas cargas electrónicas, las que generan un calor más seco que en el caso de enfriadores de ambiente convencionales, estando preparados además para dar enfriamiento durante todo el año, 24 horas al día. Los equipos electrónicos requieren niveles más precisos de humedad y calidad de aire que los que se consiguen con los sistemas de enfriamiento convencionales. Los sistemas de enfriamiento de precisión están diseñados y dimensionados para los altos requerimientos de enfriamiento sensible por el año completo de operación del centro de datos, su costo de operación es más bajo a lo largo de su vida útil en relación a sistemas convencionales, aunque la inversión inicial es alta. Tienen la versatilidad de ser tipo torre, para anclarlo al piso o tipo mochila para anclarlo en pared.



**Figura 3.4. Aire acondicionado de precisión tipo torre**

**Fuente: (SAEG Engineering Group, 2010)**

- b) **Sistemas de Semi-precisión:** Para los sistemas de enfriamiento de semiprecisión, las funcionalidades son similares, lo que varía es el desempeño ya que sin dejar de ser confiables sus prestaciones son algo limitadas en lo que a nivel de control se refiere. Son ideales para ambientes en los cuales se requiere un sistema de climatización efectivo a un presupuesto razonable. Tienen la versatilidad de ser tipo torre, para anclarlo al piso o tipo mochila para anclarlo en pared.



**Figura 3.5. Aire acondicionado de semi-precisión tipo mochila**

**Fuente: (EMERSON Network Power, 2014)**

- c) **Sistemas Split (alone o múltiples):** Un aire acondicionado tipo Split, es un sistema de enfriamiento más simple que los anteriormente mencionados, se usa para zonas menos críticas y de menor tamaño, básicamente está

compuesto por una unidad evaporadora que va al interior y una unidad condensadora que va al exterior.



**Figura 3.6. Aire acondicionado tipo Split**

**Fuente: (Sánchez, 2013)**

### **3.5.3. SOPORTERÍA ELÉCTRICA.**

Todas las canalizaciones, rutas de bandejas portacables, ductos, rutas de conduit, cables multiconductores, cajas, conduletas, gabinetes deben asegurarse correctamente en su sitio, colocando herrajes o soportes que ofrezcan un apoyo seguro.

Los accesorios para elaboración de soportes de bandejas portacables y Conduit están normados y en el país son fabricados por empresas bajo certificación UL, de modo que se puede disponer en el mercado local de canal troquelado, canal liso, canal estructural, accesorios de unión, bases de canal, tuercas mordaza, arandelas cuadradas, pernos galvanizados completos de varias medidas, pisa bandejas, sujetadores de ductos, varilla roscada, etc.



**Figura 3.7. Accesorios para soportes de Bandejas y Conduit**

**Fuente: (ECUSTRUT, 2013)**

Todo el ruteo de bandejas portacables, ductos y conduit debe apegarse a normativas establecidas en los estándares eléctricos ya revisados, así como también el montaje de tableros eléctricos, por tanto todos los soportes deben satisfacer condiciones de sujeción, facilidades para mantenimiento o crecimiento y versatilidad para que las rutas o montajes de equipos se ajusten a las normativas de instalación pertinentes. Adicionalmente todos los elementos que se usan para dichos soportes deben poseer certificaciones de calidad dadas por las entidades verificadoras ya mencionadas, como por ejemplo UL o NEMA.

Todo el sistema de soportes de un PCR Contenerizado será realizado en base a los lineamientos dados por las siguientes normas: UL 514, ANSI C80.4, UL 886, UL 57, UL 844, IEEE 141, NEMA VE-1, UL 514, ANSI C80.4, UL 886, API 500 (Tabla 3.1., 2014).

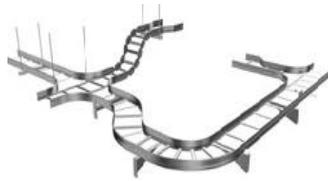
### **3.5.4. RUTAS DE CONDUIT, DUCTOS Y BANDEJAS.**

Todas las canalizaciones, rutas de bandejas porta cables, ductos, rutas de conduit, cajas de paso, conduletas, gabinetes, etc. deben realizarse conforme estándares eléctricos pre-establecidos. En el interior de un Cuarto Eléctrico Contenerizado se desarrollan rutas de bandejas y Conduit para el cableado de todos los sistemas que lo conforman.

Los elementos que se usan para trazar las rutas de conduit, ductos o bandejas porta cables deben poseer certificaciones de calidad dadas por las entidades verificadoras, como por ejemplo UL o NEMA. Todo el sistema de bandejas, ductos y conduit de un PCR Contenerizado será realizado en base a los lineamientos dados por las siguientes normas: NFPA 70, UL 514, ANSI C80.4, UL 886, UL 844, IEEE 141, NEMA VE-1, UL 514, ANSI C80.4, UL 886, UL 57, UL 360, UL 651, NEMA TC2, UL 514 (Tabla 3.1., 2014).

#### **3.5.4.1. RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA USO DE BANDEJAS PORTACABLES**

Un sistema de bandejas porta cables es un conjunto de unidades o secciones con sus herrajes asociados, que forman una estructura rígida para sostener cables y canalizaciones. Cada una de las bandejas tiene múltiples formas y puede ser de un ancho de 6” hasta 24” como estándar de fabricación.



**Figura 3.8. Ruta de bandeja porta-cables y soportería**

**Fuente: (ECUSTRUT, 2013)**

- a) Se permitirá utilizar bandejas metálicas porta cables como conductores de puesta a tierra de equipos, si su mantenimiento, supervisión e instalación es por personal calificado. En lugares clasificados como peligrosos, estas bandejas deben contener únicamente cables permitidos.
- b) Se puede utilizar bandejas porta cables no metálicas, si la zona en la que se instala no es corrosiva. No se deben utilizar bandejas porta cables en fosos de ascensores o en donde puedan estar sujetos a daños físicos y tampoco en espacios de circulación de aire de ventilación.
- c) Las bandejas porta cables deben tener resistencia y rigidez suficiente para ofrecer un soporte adecuado a todos los cables instalados en ellas. Estas no deben tener bordes afilados, rebabas que puedan dañar el aislamiento o chaqueta de los cables, deben ser resistentes a la corrosión.
- d) Las bandejas porta cables deben tener barandillas laterales, herrajes u otros medios para poder cambiar la dirección y elevación del recorrido. Las bandejas porta cables no metálicas, deben estar hechas de material retardante de la llama.

- e) La instalación de bandejas porta cables, se debe instalar como un sistema completo, si se hacen curvas o modificaciones durante la instalación se debe mantener la continuidad eléctrica de la bandeja, en el caso de que se requiera pasar los conductores de una bandeja a una canaleta o a otra bandeja.
- f) La distancia máxima entre soportes de bandeja debe ser conforme estándar. Se deben instalar soportes que eviten esfuerzos mecánicos sobre los cables. En los tramos que se requiera protección se debe instalar tapas o encerramientos protectores.
- g) Las bandejas porta cables pueden prolongarse transversalmente a través de paredes y tabiques o verticalmente a través de pisos y plataformas, las mismas deben ser expuestas y accesibles, teniendo un espacio adecuado y suficiente para instalación y mantenimiento de cables.
- h) Se deben poner a tierra todas las bandejas porta cables metálicas, que sostengan conductores eléctricos. También se pueden utilizar como rutas de conductores de puesta a tierra de equipos a una bandeja porta cables de acero o aluminio, siempre y cuando estas sean identificadas para dicho propósito.
- i) Todas las secciones de la bandeja porta cables deben estar marcadas en forma legible y duradera, se deben conectar equipotencialmente con conectores metálicos atornillados o puentes de conexión equipotencial.
- j) Todas las canalizaciones metálicas, bandejas porta cables, grupos de cables, gabinetes, herrajes y material de soporte deben ser de materiales adecuados para soportar las características del medio ambiente donde serán instaladas.

- k) La corrosión es un factor importante a ser tomado en cuenta para proteger a las canalizaciones, bandejas porta cables y demás, recubriéndolos con un material resistente aprobado a la corrosión como cinc, cadmio o esmalte. La protección con esmalte contra la corrosión no se puede utilizar en exteriores ni lugares húmedos.
- l) El relleno de cable máxima en bandejas de cables será de 40%, de acuerdo al NEC.

#### **3.5.4.2. RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA USO DE CONDUIT.**

El Conduit Metálico Intermedio “IMC” o Conduit Metálico Rígido “RMC”, es un elemento estándar aplicable en la industria eléctrica en el ámbito petrolero. El Conduit es tubería metálica roscable que se usa para trazar rutas de cable y que se convierte en una barrera de protección física.



**Figura 3.9. Conduit RMC / IMC y accesorios**

**Fuente: (CONDUIT PIPE COMPANY, 2004)**

Este tipo de Conduit es entonces una canalización de acero certificada, de sección transversal circular con acoples integrados o asociados. Se usa en todas las

condiciones atmosféricas y en todos los servicios, además se lo puede utilizar para puesta a tierra.

- a) Debido a que su instalación es para todo ambiente, todos los soportes, pernos, abrazaderas, tornillos y demás, deben ser de material resistente a la corrosión.
- b) No se debe utilizar Conduit Rígido menor a ½” o superior a 4” para IMC y 6” para RMC.
- c) El número de conductores no debe exceder a lo expuesto a través de las recomendaciones de la NFPA 70, NEC, Capítulo 9, Tabla 1 y Tabla 4 (National Fire Protection Association, 2011), que en síntesis dice que si por un Tubo Conduit se pasa más de dos cables, que es el caso del PCR, no se debe exceder el 40% del área transversal del tubo.
- d) Los acoples y conectores sin rosca deben ser herméticos. En este tipo de Conduit, en la medida de lo posible, no se debe utilizar rosca pasante.
- e) Las curvas se deben realizar de modo que el Conduit no sufra daños, la curvatura del borde interior no debe ser inferior a lo expuesto en la NFPA 70, NEC, Tabla 346.10, cuidando además que entre 2 puntos de terminación debe existir máximo 4 curvas (360°).
- f) El Conduit metálico debe estar bien asegurado. Cada Conduit metálico se debe fijar firmemente dentro de una distancia de 1m de cada caja de salida, de empalme, de dispositivos, gabinetes y canaletas. El Conduit se debe apoyar a intervalos máximos de 3m., la distancia entre soportes está dada según la NFPA 70, NEC, Tabla 346-12(b).

- g) Los empalmes y derivaciones se deben realizar solamente en cajas de empalmes, de salida, de dispositivos o canalizaciones; cuando una tubería entre en cajas, herrajes u otros encerramientos se deben colocar pasa-cables.

El Conduit Metálico Flexible es una manguera metálica simple o impermeable (cubierta con PVC), cuyo uso es para trazar rutas móviles de cable y que se convierte en una barrera de protección física.



**Figura 3.10. Conduit Metálico Flexible y accesorios**

**Fuente: (DELIKON, 2015)**

- a) El Conduit Metálico Flexible puede usarse en lugares a la vista y ocultos.
- b) No se debe utilizar en lugares donde existan materiales que puedan afectar la cubierta, como aceite o gasolina, zonas subterráneas o empotrados y tampoco cuando estén expuestos a daños físicos.
- c) No se debe utilizar Conduit Flexible menor a 1/2" o superior a 4", únicamente se permitirá el uso de 3/8" para encerrar cables de motores en tramos no superiores a 1,80m, además en equipos conjuntos certificados o accesorios de alumbrado, en sistemas cableados de fábrica y en fosos de ascensores.
- d) El número de conductores en Conduit Flexible de 1/2" y 3/4", no debe exceder a lo expuesto en la NFPA 70, NEC, Capítulo 9, Tabla 1 y Tabla 4 (National

Fire Protection Association, 2011). Adicionalmente se debe seguir las recomendaciones dadas en la NFPA 70, NEC, artículo 350-12.

- e) El Conduit Flexible se lo puede utilizar como encamisado de puesta a tierra si se realiza de una manera adecuada.
- f) Este tipo de Conduit flexible se fija a una distancia menor de 0,3m de cada caja, gabinete, conduleta u otra terminación del Conduit y debe estar apoyado y asegurado directamente o en aberturas a través de elementos de la estructura a intervalos no superiores de 1,4m.
- g) Todos los extremos cortados deben ser desbastados, los empalmes y derivaciones se los debe realizar únicamente en cajas o conduletas y con accesorios adecuados.
- h) Los Conduits flexibles y cables que requieran ir sellados, deben ir adecuadamente para reducir al mínimo el paso de gases, polvos o vapores.

#### **3.5.4.3. RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA USO DE ACCESORIOS DE CONDUIT.**

El fin mismo, del uso de tubería Conduit, sea rígida, intermedia o flexible, es para proteger el cable a través de rutas establecidas, es por ello que dicha ruta debe tener facilidades para el manejo del cableado, para la instalación del Conduit y para labores de mantenimiento. Estas facilidades se logran a través de accesorios de conexión y terminales, por mencionar algunos: conduletas de varios tipos, bushings, coronas, reducciones, acoples BX rectos y curvos, acoples TMC, acoples TMCX,

coronas, uniones simples, uniones universales, cajas de paso, acoples HUB, sellos, cajas FSCM, abrazaderas, prensaestopas, etc.



**Figura 3.11. Accesorios de instalación de Conduit**

**Fuente: (Crouse Hinds, 2014)**

- a) Si se implementa una ruta de cableado, de cualquier índole, que vaya dispuesta en tubería Conduit rígida o flexible, se debe instalar una caja o conduleta en cada punto de empalme de un conductor, puntos de salida, puntos de conmutación y puntos de unión.
- b) Si un equipo es certificado de fábrica, se permite colocar una caja de unión integral o un compartimiento para cableado. Cuando existen cables que entran o salen del Conduit se debe instalar un accesorio tipo corona en el extremo del Conduit para proteger al cable contra la abrasión o daño al aislamiento del cable.
- c) Es recomendable el uso de cajas de paso previas a equipos terminales, sea que el cable tenga o no empalme, de modo que exista facilidad de mantenimiento.

Una conduleta es un accesorio complementario a una tubería o Conduit que permite acceder a través de una tapa removible, a un punto de unión entre las secciones de un sistema o un punto terminal del mismo.



**Figura 3.12. Conduletas**

**Fuente: (Crouse Hinds, 2014)**

- a) No se debe usar cajas redondas, cuando el Conduit o conectores necesiten tuercas de seguridad o pasa cables.
- b) Las cajas no metálicas, se utilizan únicamente en instalaciones de perilla y tubo embebidas, en cables con forro no metálico y en canalizaciones no metálicas.
- c) Las conduletas guían al cableado a un radio reducido de curvatura, y aunque tiene una tapa que permite el fácil contacto con el cableado no debe tener cables con un calibre mayor a 6AWG, y no debe contener empalmes, derivaciones, ni dispositivos; además debe tener un tamaño adecuado conforme el calibre del cable a usarse.
- d) Conductores que entran en cajas o en conduletas deben ir protegidos considerando que las aberturas por las que entren los conductores se deben cerrar adecuadamente, que los conductores deben entrar a través de

accesorios adecuados para la sujeción y sellado del cable, que las cajas no metálicas deben ser adecuadas para el conductor y deben manejar niveles de resistencia a temperatura aceptables, además los conductores deben entrar en la caja a través de agujeros individuales cuidando el margen de llenado del Conduit. En todos los casos, los cables deben ir asegurados a las cajas.

- e) Las aberturas de cajas y conduletas sin utilizar, deben cerrarse eficazmente de modo que sean equivalentes a la pared de la caja o conduleta.
- f) Todas las cajas y accesorios deben ser montados a nivel y correctamente alineados.
- g) El diseño de cajas y conduletas debe ser tal, que los dispositivos queden perfectamente encerrados por todos los lados. Los tornillos de sujeción de estas cajas no se deben utilizar para la fijación de los dispositivos contenidos en ella.

### **3.5.5. CABLEADO ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN**

Un Cuarto de Control Eléctrico Contenerizado debe traer todo su cableado interno listo para operar, de modo que en su interior existe cableado de poder de diferentes niveles de tensión, cableado de control e instrumentación, cableado de datos y cable de tierra.

Los equipos eléctricos, sistemas de iluminación y tomas, sistemas de respaldo de energía, están interconectados entre sí por cables de poder de baja y media tensión.

El Tablero de control y comunicaciones, así como el sistema de detección de incendios es conformado por cables de control e instrumentación en baja tensión y por cables de comunicación.

Tanto el cableado de poder como el cableado de tierra son ruteados en el interior del PCR Contenerizado a través de bandejas porta cables y de tubería Conduit, dependiendo si son de un solo conductor o concéntricos. Así mismo, el cableado de control, instrumentación y comunicaciones es ruteado en el interior del PCR Contenerizado a través de bandejas porta cables y de tubería Conduit, dependiendo si son de un solo conductor o concéntricos.

El cableado de un PCR Contenerizado será realizado, entre otras, en base a los lineamientos dados por las siguientes normas: ASTM B8, ASTM B33, ICEA S-19-81, NEMA WC-3, ICEA S-68-516, NEMA WC-8, NFPA 258, NFPA 70 (NEC), ANSI/UL 44, ICEA 6, ICEA S-66-524, ICEA S-68-516, NEMA VE-1 (Tabla 3.1., 2014).

Puntualmente para diseño e implementación de un Cuarto de Control Eléctrico Contenerizado, se ajusta el uso de ciertos cables conforme estándares constructivos y características de uso, en función de ello se resalta los siguientes con sus características:

a) **Cable de Potencia de Media Tensión 15KV:****Tabla 3.6. Cable de Potencia de Media Tensión 15KV**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
Conductores	Cobre, Clase B (elaborado con un alambre o varios alambres entrelazados), recocido
Material de aislamiento	De etileno-propileno-caucho / EPR, 133% nivel de aislamiento
Chaqueta para uso individual o cables multiconductores	NEC y UL tipo MV-90 adecuado para utilizar en la bandeja de cable, tipo TC
Blindaje del conductor	Extruido termoestable semiconductor compuesto
Blindaje de aislamiento	Compuesto realización termoestable extruida
Blindaje de aislamiento metálico	Cinta de cobre no magnética
Voltaje	15KV

Fuente: (INDUCABLES, 2014)

b) **Cable de Potencia de Baja Tensión 600V:****Tabla 3.7. Cable de Potencia de Baja Tensión 600V**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
Conductores	Cobre, Clase B (elaborado con un alambre o varios alambres entrelazados), recocido, con revestimiento de plomo aleado. Mínimo 12 AWG
Material de aislamiento	De etileno-propileno-caucho / EPR, a 90°C
Chaqueta para uso individual o cables multiplexados	NEC y UL tipo TC
Voltaje	600 V

Fuente: (INDUCABLES, 2014)

c) **Cable de Control 600V:****Tabla 3.8. Cable de Control 600V**

PARÁMETRO	CARACTERÍSTICAS
Conductores	Cobre, Clase B (elaborado con un alambre o varios alambres entrelazados), recocido, con revestimiento de plomo aleado. Mínimo 14 AWG
Material de aislamiento	De etileno-propileno-caucho / EPR o reticulado polietileno (XLPE), a 90°C
Chaqueta para uso individual o cables multiplexados	NEC y UL tipo TC
Chaqueta general	NEC y UL tipo TC
Voltaje	600 V
Color de conductores de cable multiconductor	NEMA Standard

Fuente: (INDUCABLES, 2014)

d) **Cable de Instrumentación 300V:****Tabla 3.9. Cable de Instrumentación 300V**

PARÁMETRO	CARACTERÍSTICAS
Conductores	Cobre trenzado. Mínimo 18 AWG
Material de aislamiento	90°C XLPE retardante de fuego / > 90°C, TFW (cinta de teflón y la cinta Kapton sobre el Teflón)
Chaqueta sobre cada par o trío por	NEC y UL listado como Tipo PLTC (sin PVC)
Escudo	Cada par blindado individualmente tiene blindaje de 1,5mil a través de una cinta de aluminio o cobre-Mylar laminado
Hilo de drenaje	Uno por par
Voltaje	300

Fuente: (INDUCABLES, 2014)

Dentro de las regulaciones y normas ya detalladas, algunas recomendaciones específicas son las redactadas en los párrafos siguientes.

- a) Todos los cables deberán cumplir o superar los requisitos de prueba de la llama de la UL 83. Todos los cables deberán ser resistentes a la luz solar y para uso en bandejas deben ser de tipo TC.
- b) Cable con aislamiento de PVC no está permitido en la sala de control u otras áreas normalmente ocupadas.
- c) Todo cable se identificará con marcadores de identificación en ambos extremos después de cables han sido permanentemente enrutado, colocado y conectado.
- d) El instalador debe cumplir con las recomendaciones del fabricante del cable en las temperaturas mínimas, máximas y la máxima tensión de tiro. Todos los extremos de los cables deberán estar sellados de la contaminación durante el arrastre operación, y durante el almacenamiento en carretes.
- e) Empalme de cables no es una práctica aceptada.
- f) Todo el cableado de control interno de los paneles será de 600V, Tipo SIS (SOUTHWIRE, 2013), # 14 AWG como mínimo, cuyas características son: 90°C de servicio en ambientes secos y húmedos, 600 VAC, normado UL 44, UL 1581 VW-1, ASTM B8, Código NEC Art. 310. El cable tipo SIS tiene conductor de cobre electrolítico recocido estañado con aislamiento

XLPE y HFFR (polietileno reticulado libre de halógenos y no propagante de la llama).

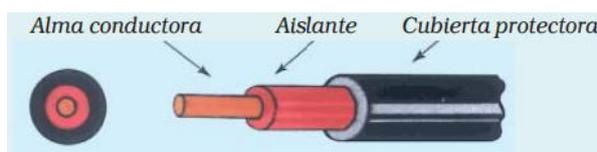
- g) Todo el cableado de alimentación interna de los paneles será de 600 V, # 12 AWG mínimo. Cable de alimentación # 8 AWG y mayores, tendrán los conductores de cobre, con 90°C, resistente al calor, la humedad y resistente a las llamas, de etileno-propileno goma (EPR) el aislamiento y chaqueta Hypalon. Conforme especificaciones de en ICEA S-68-516.
- h) Todo el cableado interno de los paneles será capaz de pasar los requisitos de ensayo de la llama de la UL 44 Art. 56.
- i) Todo el cableado de 480V estarán separadas de otros cables de control y dispositivos de bajo voltaje, por medio de una barrera aislante u otros medios.
- j) Cableado deberá ser bien ordenados y se sujeta firmemente a los paneles para evitar el movimiento o rotura.

### **3.5.5.1. CONDUCTOR ELÉCTRICO**

Conductores eléctricos son los cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad. Un conductor eléctrico está formado primeramente por el conductor propiamente dicho, usualmente de cobre, éste puede ser alambre, es decir, una sola hebra o un cable formado por varias hebras o alambres retorcidos entre sí (INDUCABLES, 2014). Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio. Aunque ambos metales tienen una

conductividad eléctrica satisfactoria, el cobre constituye el elemento principal en la fabricación de conductores por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas. El uso de uno y otro material como conductor, depende de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo.

Un conductor eléctrico está conformado por tres partes principales que son: el alma o elemento conductor, el aislamiento y las cubiertas protectoras.



**Figura 3.13. Constitución de un conductor eléctrico**

**Fuente: (INDUCABLES, 2014)**

- a) **Alma o elemento conductor:** Se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde la fuente a centros de distribución para alimentar a los diferentes centros de consumo, de la forma cómo esté constituida, depende la clasificación de los conductores eléctricos. Según el número de conductores un cable puede ser Mono-conductor cuando tiene una sola alma conductora, con aislamiento y con o sin cubierta protectora; o puede ser Multi-conductor cuando tiene dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envueltas cada una por su respectiva capa de aislación y con una o más cubiertas protectoras comunes.



**Figura 3.14. Cables mono-conductor y multi-conductor**

**Fuente: (INDUCABLES, 2014)**

- b) **Aislamiento:** El objetivo del aislamiento en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean estos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, el aislamiento debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí. Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa. Los diferentes tipos de aislamiento de los conductores están dados por su comportamiento técnico eléctrico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados para el aislamiento de conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el caucho, la goma, el neopren y el nylon. Si el diseño del conductor no tiene otro tipo de protección se le denomina aislamiento integral, porque el aislamiento cumple su función y la de revestimiento a la vez. Cuando los conductores tienen otra protección

polimérica sobre la aislación, esta última se llama revestimiento, chaqueta o cubierta.

- c) **Cubiertas protectoras:** El objetivo fundamental de este componente en un conductor es proteger la integridad del aislamiento y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc. Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina “armadura”, la cual puede ser de cinta, alambre o alambres trenzados. Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre. En el caso que la protección, en lugar de cinta esté constituida por alambres de cobre, se le denomina “pantalla” o “blindaje”.

Al proyectar un sistema, ya sea de poder, de control o de comunicación, deben respetarse ciertos parámetros imprescindibles para la especificación del cableado, estos son:

- a) Voltaje del sistema, tipo (VDC - VAC), fases y neutro, sistema de potencia, punto central aterramiento.
- b) Corriente o potencia a suministrar.
- c) Temperatura de servicio, temperatura ambiente y resistividad térmica de alrededores.

- d) Tipo de instalación, dimensiones (profundidad, radios de curvatura, distancia entre vanos, etc.).
- e) Sobrecargas o cargas intermitentes.
- f) Tipo de aislamiento.
- g) Cubierta protectora.

Para cableado en general, y tomando en cuenta su tipo, uso, medio ambiente y consumos que servirán, los conductores eléctricos se clasifican de la siguiente forma:

**a) Conductores de potencia para distribución:**

- Alambres y cables - Número de hebras: 7 a 61.
- Tensiones de servicio: 0,6 a 35 KV (MT) & 46 a 65 KV (AT).
- Uso: Instalaciones de fuerza y alumbrado (aéreas, subterráneas e interiores).
- Tendido fijo.

**b) Cables armados:**

- Cable - Número de hebras: 7 a 37.
- Tensión de servicio: 0,6 a 35 KV.
- Uso: Instalaciones en minas subterráneas y galerías (ductos, bandejas, aéreas y subterráneas)
- Tendido fijo

**c) Conductores para control e instrumentación:**

- Cable - Número de hebras: 2 a 27.
- Tensión de servicio: 600 V.
- Uso: Operación e interconexión de sistemas monitoreo, control y comunicaciones (ductos, bandejas, aérea o directamente bajo tierra).
- Tendido fijo.

**3.5.5.2. CAIDA DE TENSION**

Para dimensionar adecuadamente el calibre del cable a usarse en la distribución de energía hacia los equipos y sistemas que conforman una Sala de Control Eléctrica Contenerizada o en cualquier otra aplicación, se debe satisfacer simultáneamente las tres condiciones siguientes (Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2003).

- a) La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 70°C para cables con aislamiento termoplásticos y de 90°C para cables con aislamientos termoestables.

- b) La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable, este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud.
- c) La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobre-intensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 160°C para cables con aislamiento termoplásticos y de 250°C para cables con aislamientos termoestables.

Para aclarar, se puede determinar que la caída de voltaje es como la pérdida de presión en una tubería de agua. La corriente eléctrica fluye por el conductor como el agua en una cañería y crea una pérdida, la cual puede llegar a ser crítica si el diámetro de la ruta no permite el paso de todo el flujo que potencialmente requiere pasar, esto puede derivar en deteriorar la vía de paso del flujo requerido. La pérdida es consecuencia de:

- a) El diámetro del cable, cuanto más pequeño más pérdida.

- b) El largo del cable, ya que a mayor longitud del cable, mayor caída de tensión.
- c) El tipo de metal utilizado como conductor, debido a que a mayor resistencia del metal mayor pérdida. El cobre y el aluminio son los metales comúnmente utilizados como conductor siendo el cobre el de menor resistencia.

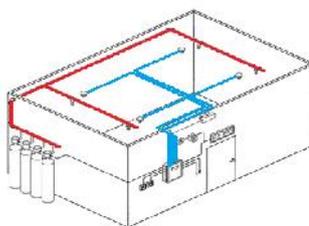
Debido a los antecedentes mencionados es importante seleccionar el tipo y el calibre de cables, aplicando criterios técnicos adecuados, esto evitará que en el futuro el cable se deteriore, se recaliente o simplemente no resista flujo de corriente a través de él. La selección y dimensionamiento adecuado de los cables se la realiza siguiendo las recomendaciones dadas por la NEC 215.2, cuyos ítems definen los pasos a seguir, puntualmente, para que la caída de tensión en alimentadores no supere el 3% y la caída de tensión de los circuitos derivados no supere el 5%.

### **3.5.6. SISTEMA DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS.**

Un sistema de detección y extinción de incendios es el conjunto de medidas que se disponen en los edificios para protegerlos contra la acción del fuego, generalmente, con ellas se trata de conseguir tres fines:

- a) Salvar vidas humanas.
- b) Minimizar las pérdidas económicas producidas por el fuego.
- c) Conseguir que las actividades puedan reanudarse en el plazo de tiempo más corto posible.

Dentro de las necesidades de seguridad de una Sala de Control Eléctrica Contenerizada se debe considerar un sistema de detección / alarma y extinción de incendios. La fase de detección y alarma tiene como función monitorear el estado de una determinada zona con la ayuda de sensores, de modo que cualquier evento de incendio se evidencie a tiempo y se dé señales de alarmas audibles y visuales, a fin de tomar acciones. La fase de extinción son el conjunto de acciones a ejecutarse en pos de apagar el posible incendio alertado en fase de detección, dichas acciones varían en función del tipo de incendio y material combustible, ante lo cual el agente extintor es seleccionado previo a cualquier evento, en función del tipo de elementos contenidos en la zona monitoreada.



**Figura 3.15. Sistema de detección (azul) y extinción (rojo) de incendios**

**Fuente: (SIEMENS, 2009)**

La detección de incendios, (Detección y Supresión Inteligente, 2013), puede ser manual o automática, sin embargo para un PCR Contenerizado, cabe solo la detección automática, que aprovecha las características del fuego tales como el calor, el humo y la llama. Por ello los detectores pueden ser de humo, térmicos y de llama.

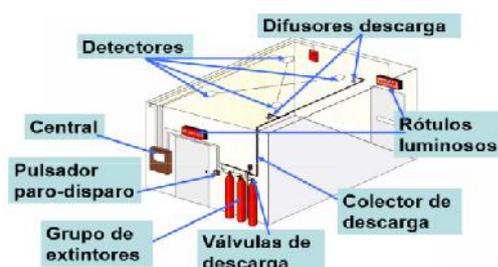
Los detectores de incendio más comunes son:

- a) Detector de humo fotoeléctrico
- b) Detector de humo por ionización
- c) Detector de humo de alta sensibilidad por aspiración
- d) Detector térmico puntual
- e) Detector de llama infrarrojo, ultravioleta o combinado.
- f) Detector de humo por rayo de luz.

La selección de alarmas sonoras y su ubicación deberá considerar el nivel de ruido y la distancia. En algunos casos el tipo de sonido también es importante para diferenciar la alarma de incendio de la alarma de otros eventos. La activación de las alarmas podrá ser automática asociada a unos detectores o podrá ser manual de acuerdo a procedimientos establecidos en las brigadas de emergencia. Las alarmas de gran capacidad que tienen una cobertura de cientos de metros hasta 2 o 3 km. se les conoce como sirenas y pueden avisar no solo el evento de incendio sino accidentes, ataques externos y pueden evacuar gran cantidad de personas en riesgo.

También existe la posibilidad de construir una red telefónica de emergencia para uso exclusivo de la brigada de emergencias o del cuerpo de bomberos.

Si bien es cierto en un PCR Contenerizado existen extintores manuales, son solamente de respaldo, ya que el sistema primario de extinción debe ser automático, activado desde el sistema de detección.



**Figura 3.16. Configuración de elementos, sistema de extinción**

**Fuente: (Poblete, 2013)**

Debido a las características de un PCR, el agente extintor, (Detección y Supresión Inteligente, 2013), a usarse debe reunir varios requerimientos técnicos para ser efectivo ante un evento en él. Dichas propiedades son propias de un agente limpio, que para el desarrollo de este proyecto se ha seleccionado el FM-200 que es un compuesto que consiste en carbono, flúor e hidrógeno. Este agente actúa químicamente apagando el incendio a nivel molecular, inhibiendo la reacción en cadena de la combustión que se produce entre el combustible y el oxígeno.

El agente extintor FM-200 es limpio, inodoro, incoloro, eficiente y eficaz, eléctricamente no conductor, no deja residuos, de acción rápida y completa, activo frente al fuego pero inerte frente a las personas, amigable y respetuoso con el medio ambiente, seguros y cumplen con estándares de seguridad bajo norma NFPA-2001.

Los materiales como el aluminio, el latón, el caucho, el plástico, el acero y los componentes electrónicos, no se ven afectados cuando se exponen al FM-200.

El cálculo de la cantidad de gas, el dimensionamiento del cilindro y el trazado para la red de tuberías (isometría) de descarga, son calculados con un programa especializado y certificado, por el mismo fabricante y avalado conforme las regulaciones vigentes.

El agente limpio descrito, actúa sobre incendios de tipo A, B y C, mediante la Tabla 3.10. se identifica cada tipo de incendio.

**Tabla 3.10. Tipos de Incendios**

<b>TIPO DE INCENDIO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
CLASE A	Incendios en combustibles comunes de difícil combustión que exigen para su extinción el principio de enfriamiento, caracterizado por la acción del agua o soluciones acuosas. A esta clase de incendios pertenecen: la madera, textiles, papeles, basura, etc. Queman en superficie y profundidad
CLASE B	Incendios producidos en líquidos inflamables que exigen para su extinción el principio de ahogamiento, caracterizado por la acción de la espuma. A esta clase de incendios pertenecen: la gasolina, aceites grasas, pinturas y en general los derivados del petróleo que queman apenas en superficie.
CLASE C	Incendios en equipos eléctricos en funcionamiento. Son clasificados especialmente no en base del material que se quema sino por el gran riesgo que ofrece al operador en su extinción en virtud de que la electricidad puede alcanzar al operador. Exige para su extinción el principio de ahogamiento, caracterizado por los gases inertes, polvos químicos.
CLASE D	Están en esta categoría lo incendios en metales

**CONTINUA** 

CLASE K	Ejemplo: magnesio, aluminio, zinc, sodio, etc. Fuegos de aceites vegetales o grasas animales, no saturadas. Ejemplo: aceites de cocinas, aceites, etc.
---------	--

**Fuente: (Empresa Municipal - Cuerpo de Bomberos Ambato, 2011)**

Por las bondades de un sistema de detección y extinción automatizado con agente limpio FM-200 se utilizan para la protección de equipo de gran valor, sistemas técnicamente sensibles, como las instalaciones de computadoras y telecomunicaciones, Data Centers, estudios de televisión y radio, equipo médico, almacenamiento de registros documentales, museos, centrales telefónicas, salas eléctricas, SWG, MCC's, etc.

Conforme buenas prácticas técnicas, algunas recomendaciones adicionales para la instalación de un sistema de control de incendios, serían las nombradas en los párrafos siguientes.

- a) El cable usado a lo largo del el circuito contra incendios debe ser cable de integridad tipo FPLR (Fire Alarm Cable), (VIAKON Electrónica, 2013), con enchaquetado en rojo, el conductor debe ser calibre #16 - # 18 AWG (American Wire Gauge, 2011), sólido, conforme certificaciones UL.
- b) Los cables multiconductores FPLR/FPLP, manejan un rango de tensión de entre 300 y 600 V a una temperatura de 105 °C. Es un multiconductor formado con conductores sólidos de cobre, aislamiento individual de policloruro de vinilo retardante a la flama (PVC), cableados en grupos de 2

hasta 25 conductores y cubierta general de policloruro de vinilo retardante a la flama (PVC). Las especificaciones que cumple son las siguientes:

- UL 1424 - Cables de Potencia Limitada para Circuitos de Alarma Incendio
- NEC Art. 760 - Cableado y Equipo para Circuitos o Sistemas de Alarma Incendio
- UL 1666 Riser - Cubierta Antiflama, para Tendidos Horizontal / Verticales
- UL 910 Plenum - Cubierta Antiflama, para Instalaciones en cámaras plenas ó áreas ventiladas dentro de edificaciones.

- c) Garantizar puesta a tierra de los circuitos y equipos de alarma contra incendios.
- d) La identificación de los circuitos de alarma contra incendios es obligatoria y debe realizarse adecuadamente para evitar interferencia accidental o eventos forzados durante operación o mantenimiento.
- e) Los conductores para alimentación o control de un sistema contra incendios y que sea # 14 AWG o mayor, deben estar dimensionado contra sobre-corriente de acuerdo a su capacidad nominal sin factores de corrección, y los dispositivos de protección contra sobre-corriente de un circuito, deben estar ubicados en el punto de conexión del conductor a la red de alimentación.

- f) Los conductores deben ser de cobre sólido o trenzado, estos conductores se deben conectar en canalizaciones o expuestos sobre la superficie de cielos rasos y paredes o alambrados con el uso de sonda en espacios ocultos. Los empalmes y terminaciones se los debe realizar en cajas, encerramientos o dispositivos contra incendios. Deben estar protegidos contra daños físicos, sujetos de una manera adecuada a distancias no mayores de 460mm o en conduit rígido o bandejas porta cables específicas a una altura de 2,13m.
- g) Los cables y conductores de circuitos referentes al sistema de detección del sistema contra incendios no deben instalarse con cables o en bandejas porta cables y compartimentos con conductores de iluminación eléctrica, conductores de fuerza, o de circuitos de comunicación de banda ancha o deben estar separados de éstos al menos 50mm.
- h) Los conductores de circuitos de sistemas contra incendios no deben ajustarse con abrazaderas o cinta u otro medio. Se puede utilizar cable # 16 AWG si están empalmados con un conector certificado. Los conductores sencillos no deben ser de calibre menor al # 18 AWG.
- i) En los circuitos de sistemas contra incendios se permite utilizar detectores de incendios de línea continua certificados.

### **3.5.7. SISTEMA DE ILUMINACIÓN INTERIOR, EXTERIOR Y DE EMERGENCIA.**

Un sistema de iluminación no es solo para revelar nuestros alrededores de manera que se pueda trabajar en forma eficiente y segura, hoy en día, la iluminación es entendida como una forma de crear atmósferas agradables y como un medio para proporcionar confort. La iluminación acentúa las características funcionales y decorativas de un espacio, así como sus proporciones. No solo que mejora nuestra percepción visual, sino que también estimula nuestros estados de ánimo, en tal motivo es importante recrear en el PCR Contenerizado un ambiente idóneo y positivo de trabajo a través de una iluminación adecuada.

La luz es un fenómeno electromagnético por el que podemos percibir radiaciones que son sensibles al ojo humano. Básicamente cuando hablamos de sistemas de iluminación, nos referimos a los sistemas que se utilizan para dar luz.



**Figura 3.17. Sistema de Iluminación**

**Fuente: (Empresa Eficiente, 2014)**

Una lámpara o bombilla es un convertidor de energía, cuya función principal es transformar la energía eléctrica en luz. Actualmente en el mercado existe una gran variedad de lámparas, con diferentes características y funcionamientos.

Existen diferentes parámetros para definir las características de una lámpara y la iluminación, los cuales definimos a continuación:

- a) **Lumen (lm):** Unidad que mide la cantidad de luz emitida.
- b) **Rendimiento de color (IRC, Índice de rendimiento de color):** Los colores que vemos dependen de las características cromáticas de la fuente de luz. Así, el IRC señala la capacidad de una fuente de luz artificial en reproducir los colores, siendo la referencia (100%) el sol.
- c) **Vida útil:** Es el tiempo estimado en horas después del cual es preferible sustituir las lámparas de una instalación para evitar una disminución excesiva de los niveles de iluminación.
- d) **Eficiencia o rendimiento luminoso:** Cantidad de luz emitida (lm) por unidad de potencia eléctrica consumida (W).
- e) **El lux (lx):** Unidad derivada del Sistema Internacional de Medidas para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen/m<sup>2</sup>. Se usa en fotometría como medida de la intensidad luminosa, tomando en cuenta las diferentes longitudes de onda según la función de luminosidad, un modelo estándar de la sensibilidad a la luz del ojo humano.

Existe gran variedad de lámparas en el mercado y de las que se puede detallar características sin embargo, debido al alcance del presente proyecto, se especifica solo las estandarizadas para uso en un PCR Contenerizado.

**Tabla 3.11. Lámparas sugeridas para Iluminación Interna y Externa en un PCR**

<b>LÁMPARAS PARA ILUMINACIÓN INTERNA</b>	
<b>LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO A BAJA PRESIÓN</b>	
Lámparas fluorescentes	Formadas por un tubo cilíndrico cerrado en cada uno de sus extremos, donde se sitúan los electrodos. El tubo de descarga está lleno de vapor de mercurio a baja presión y una pequeña cantidad de gas que sirve para facilitar el encendido y controlar la descarga de los electrodos. Duración de estas lámparas es de entre 5.000 y 10.000 horas. El rendimiento en color de estas lámparas es aproximadamente del 70%.
Lámparas fluorescentes compactas	Llevan incorporados los elementos auxiliares para facilitar el encendido y para limitar la corriente. Son lámparas pequeñas, pensadas para sustituir las lámparas incandescentes con un ahorro energético que puede llegar al 70% y con muy buenas prestaciones. Entre los 70 lm/W y un IRC que puede llegar al 90%.
<b>LAMPARAS PARA ILUMINACION EXTERNA</b>	
<b>LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESION</b>	
Lámparas de vapor de sodio a alta presión	Proporcionan una luz blanca dorada y tienen mejor capacidad para reproducir los colores. La vida media de estas lámparas es de 20.000 horas y su vida útil está entre 8.000 y 12.000 horas. Interior con mezcla de sodio y vapor de mercurio, para amortiguar la descarga que sirve para facilitar el encendido de la lámpara y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está dentro de una botella al vacío.

**Fuente: (Endesa, 2014)**

El sistema de iluminación se diseña de acuerdo con la Sociedad de Ingeniería de Iluminación “IES” a proporcionar los niveles de iluminación

recomendados por las siguientes normas y organizaciones: ANSI / IES RP-7, 1979, Iluminación Industrial y ANSI / IES RP-8, 1977, Roadway Lighting, (Illuminatio Engineering Society, 2015). Adicionalmente se debe proceder conforme las recomendaciones de: NEMA FA1, NEMA LE1, UL 57, UL 844, UL 924, ANSI / IEEE C62.11 (Tabla 3.1., 2014).

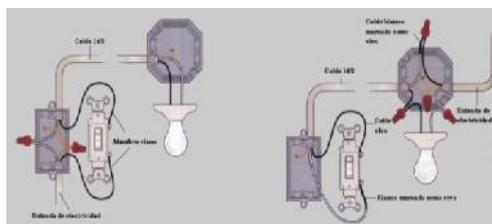
Siendo consecuentes con buenas prácticas sugeridas por las normas mencionadas, para un PCR Contenerizado se puede resaltar las siguientes recomendaciones:



**Figura 3.18. Iluminación Interna PCR Wati Repsol**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

- a) Para la Iluminación Interna debe usarse lámparas fluorescentes de tubo doble, montadas al techo, correctamente ancladas para transporte, con un interruptor On/Off en cada puerta. La electricidad puede entrar primero a la caja donde está el interruptor, o puede entrar primero a la caja donde está el dispositivo gobernado por el interruptor, la Figura 3.19. hace didáctico lo detallado. En los dos casos el cableado se debe configurar de forma que siempre el que se interrumpa sea el cable vivo cuando se apague el interruptor.



**Figura 3.19. Conexión luminaria, interruptor**

**Fuente: (Organización Sabelotodo, 2103)**

- b) Las lámparas fluorescentes internas deben estar provistas de una rejilla, un protector de plástico y difusor para protección del tubo, además de un mango de plástico que impide la caída de vidrio en el caso de tubos rotos.
- c) La altura de fijación se determina con base en el número y el tamaño de las instalaciones de la bandeja porta cable dentro de la PCR Contenerizado, procurando estar sobre los 2.5m.
- d) Se debe dimensionar la Iluminancia en función de las recomendaciones dadas por el estándar API 500, para plataformas petroleras.
- e) La Iluminación Externa debe ser con lámparas de sodio de alta presión resistente a la intemperie, de entre 70W y 100W con luz más brillante para una mayor visibilidad. Las lámparas serán montadas externamente en cada puerta.



**Figura 3.20. Lámpara para exteriores Crouse Hinds**

**Fuente: (Crouse Hinds, 2014)**

- f) Se debe instalar Lámparas de Emergencia para proporcionar la iluminación interior en caso de fallo de alimentación. El estándar es de batería de plomo-calcio o de batería de níquel-cadmio. El tiempo de autonomía será de al menos 90". Es opcional la colocación de lámparas de emergencia externas. La alimentación debe ser únicamente a 121VAC.



**Figura 3.21. Señalética luminosa de salidas de emergencia**

**Fuente: (Sylvania, 2013)**

- g) Las lámparas de emergencia y externas, de ser el caso, deben poseer características para su uso en zonas Clase 1, División 2, Grupo A hasta D.
- h) Es mandatorio la colocación de Señales de Salida de Emergencia Luminosas para marcar las puertas de salida. Esta señalización debe funcionar con alimentación convencional y con baterías para respaldo de energía. Las baterías deben ser de níquel-cadmio.
- i) Para las lámparas de iluminación exterior es indispensable el control a través de una fotocelda para proporcionar un funcionamiento automático.
- j) Es opcional un receptáculo montado en el exterior para uso de mantenimiento, dicho receptáculo debe ser resistente a la intemperie.

### 3.5.8. SISTEMA DE TOMACORRIENTES

Los tomacorrientes son dispositivos eléctricos que sirven como punto de conexión para alimentar equipos eléctricos, sean estos residenciales o industriales, los tomacorrientes no consumen ninguna energía, este solo enlaza la fuente de alimentación a los equipos que se vayan a alimentar de una fuente de energía eléctrica. En el Ecuador los tomacorrientes están regulados conforme el estándar NEMA y UL (Tabla 3.1., 2014). Dependiendo el tipo de alimentación que necesite el equipo, existe un diseño específico del tomacorriente.

Para un PCR Contenerizado es necesario contar con dos sistemas de tomacorrientes, uno alimentado desde una red de energía regular y otro alimentado desde una fuente de energía regulada y con respaldo de energía a través de un sistema de UPS.

Las características que definen a un tomacorriente son las siguientes:

- a) **Tensión máxima:** Voltaje máximo al cual debe someterse el tomacorriente. Los niveles de tensión máximos se encuentran de 121V, 209V, 480V y hasta 600V.
- b) **Corriente máxima:** Flujo de intensidad máxima que puede soportar el tomacorriente sin afectar sus características físicas y desempeño. Los amperajes normalizados son de 15A, 20A, 30A, 50A y 60A.



Tres cables: PH – N – GND.

Tensión nominal: 121VAC.

Potencial N-GND: máx 2,6V.



**Tomacorrientes para sistema monofásico 2PH-N-GND 120V/240V**

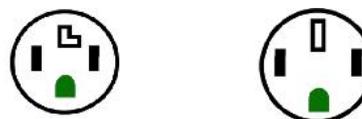
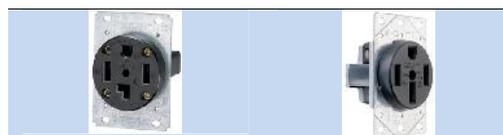
NEMA 14-30

NEMA 14-50

Cuatro cables: 2PH-N-GND.

Nivel de Tensión: 121V-209VAC.

Potencial N-GND: máx 2,6V.



**Tomacorrientes para sistemas trifásicos 3PH-GND 220V**

NEMA L15-20R

NEMA L15-30R

Cuatro cables: 3PH-GND.

Nivel de Tensión: 209VAC.

Potencial PH-GND: 121V.



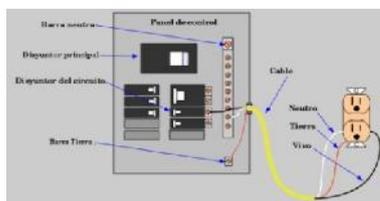
Fuente: (Dominguez, Roni, 2013)

Para la implementación del sistema de tomacorrientes de una Sala de Control Eléctrica Contenerizada dentro de las regulaciones NEMA, UL y otras, debe contemplarse las recomendaciones de ICEA S-19-81, NEMA WC-3, ICEA S-68-516, NEMA WC-8, NFPA 70 (NEC), NEC 406, ANSI/UL 44, ANSI/IEEE C37.04, UL 6, ANSI C80.1, UL 797, ANSI C80.3, UL 514, ANSI C80.4, ANSI C97, PB1, UL 50, UL 67 e IEEE 80 (Tabla 3.1., 2014).

Algunas de las recomendaciones más representativas considerando las regulaciones y normas mencionadas, ya de forma puntual, se detallan en los párrafos siguientes.

- a) Todas las rutas de canalización para los circuitos de tomacorrientes deben realizarse con Conduit RMC / IMC, con todos los accesorios terminales y de soportería apropiados.
- b) Las tomas deben estar a una altura de entre 30cm y 50cm, desde el piso visible al centro del dispositivo.
- c) El calibre de cables a usarse en la industria petrolera es de mínimo # 12 AWG, pero debe ser dimensionado conforme la carga a energizar. El cable será de tipo THHN o similar.
- d) Cada una de las tomas debe ser certificada y debe conectarse con la polaridad adecuada, secuencia Phases, Neutro, Tierra. Una vez operativas las tomas, deben dar una tensión nominal entre Phase y Neutro y la tensión entre Phase y tierra será de máximo 2.6VAC.

- e) Las tapas de cada tomacorriente será de color blanco o natural en el caso de que sean regulares, y serán anaranjadas en el caso de que sean alimentadas desde una fuente respaldada en baterías, como es un UPS.
- f) Los tomacorrientes requeridos para el PCR, sus circuitos deben ser extraídos desde un Tablero de Distribución, desde circuitos de derivación de 15 y 20A, claramente identificados.



**Figura 3.23. Circuito de Tomacorriente desde Tablero de Distribución**

**Fuente: (Organización Sabelotodo, 2103)**

- g) Los contactos de puesta a tierra de los tomacorrientes se deben poner a tierra conectándolos con el conductor de puesta a tierra de los equipos del circuito que alimenta al tomacorriente.
- h) Protección de las personas mediante interruptores de circuito por falla a tierra GFCI (Flores, César, 2010), como obligatorio en lugares tradicionalmente húmedos y edificaciones cuyo piso esté localizado al nivel o por debajo del suelo que no sean habitables y que tengan instalados tomacorrientes monofásicos de 121V y de 15-20 A.
- i) Para cargas portátiles, los conductores de los circuitos de derivación que alimenten a más de un tomacorriente para dichas cargas, su capacidad de corriente debe ser mayor a la capacidad nominal del circuito de derivación.

- j) Un circuito de derivación que alimente a dos o más tomacorrientes, solo debe alimentar las cargas especificadas de acuerdo con su calibre. Un circuito de derivación de 15 o 20 A puede suministrar corriente a unidades de alumbrado y a otras unidades de utilización o a una combinación de ambos. Para circuitos de derivación de 30 A se pueden conectar unidades fijas de alumbrado con boquillas de servicio pesado o equipos de utilización en cualquier tipo de inmueble. Para circuitos de derivación de 40 y 50 A se deben conectar tomacorrientes para todo tipo de cargas a excepción de iluminación.
- k) Las salidas con tomacorrientes para artefactos específicos que se instalan en un inmueble, se deben instalar como máximo hasta 1,80m de distancia del lugar donde se sitúe el artefacto.
- l) En ambientes generales, como en una sala eléctrica, se deben instalar salidas de tomacorrientes, éstos se deben instalar, de modo que exista una separación máxima de 3.7m sin tomar en cuenta el espacio ocupado por puertas, paneles fijos y espacios similares con distancias superiores a 0,6m.
- m) Para múltiples salidas de tomacorrientes utilizadas, como parámetro general se deben considerar como 180VA por cada receptáculo. funcionen simultáneamente o no.
- n) Todos los tomacorrientes deben ser polarizados, para proporcionar protección a las personas, conforme la NEC en su Art. 23-59-60, a menos que estén instalados en canalizaciones metálicas conectadas a tierra. Los conductores de puesta a tierra de los equipos, deben estar conectados también a la puesta a

tierra de los tomacorrientes. No se puede conectar un tomacorriente en un circuito de iluminación, estos son independientes entre sí, al igual que sus protecciones.

- o) Los gabinetes cajas de corte y en encerramientos para tomacorrientes de aparatos de medida se deben proteger por dentro y por fuera contra la corrosión deben ofrecer una gran resistencia y rigidez, si son de lámina de acero, el espesor de esta debe ser mayor a 2 mm sin recubrir; se pueden utilizar gabinetes no metálicos pero deben ser certificados y aprobados antes de su instalación.
- p) Los tomacorrientes y enchufes deben tener una capacidad de corriente mínima de 125 % de la corriente del accesorio a plena carga.
- q) Los tomacorrientes montados en cajas que queden a nivel de la superficie o sobresalgan de la misma, su platina debe asentarse contra la caja rígidamente. En tomacorrientes montadas en una tapa y sostenidos por ella, se deben asegurar por mas de un tornillo.
- r) Un tomacorriente instalado en un lugar mojado en donde el accesorio no va a ser vigilado mientras está en uso, debe tener un encerramiento a prueba de intemperie (NEMA 4), ya sea con el enchufe insertado o no.

### **3.5.9. TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN.**

Los Tableros de Distribución de Baja Tensión son aptos para su utilización en las sub-estaciones principales, secundarias y en lugares donde se requiere tener un

grupo de interruptores con relés de sobrecargas, cortocircuitos y térmicos; destinados a proteger y alimentar a las cargas eléctricas. Se fabrican para instalación interior bajo techo o para instalación a la intemperie, conforme regulaciones NEMA o equivalentes.



**Figura 3.24. Tableros de Distribución PCR Palo Azul PAM**

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

Los tableros de distribución consisten en paneles sencillos o conjuntos de paneles diseñados para ser ensamblados en forma de un sólo panel que incluye: barrajes, elementos de conexión, dispositivos automáticos de protección contra sobre-corriente y que pueden estar equipados con interruptores para accionamiento de circuitos de alumbrado, calefacción, fuerza, etc. Los tableros de distribución son diseñados para instalación en gabinetes o cajas o montados sobre la pared y son accesibles solo por su frente.

Los tableros de distribución constituyen una parte inherente a toda red eléctrica y se fabrican para proveer desde algunos pocos amperios hasta el orden de 4000A, así como para soportar los niveles de corrientes de cortocircuito y los niveles de tensión de la red eléctrica.

Sus interruptores internos pueden ser del tipo bastidor abierto, en caja moldeada o tipo miniatura (para riel DIN), (ZOLODA - Riel DIN, 2006), y se pueden equipar con accesorios para mando local y a distancia. Existe una amplia variedad de equipos que pueden ser instalados en estos Tableros.

Para el desarrollo de una sala eléctrica, las regulaciones a considerarse en un tablero de distribución se enmarcan dentro de las normativas NEC, NEMA, ANSI, IEEE, y con particular énfasis en los siguientes ítems ANSI C971, NEMA AB1, NEMA PB1, UL 50, UL 67, NEMA ICS, NEMA KSI y NEC Art. 408, Art. 404.8, Art. 110.26 (Tabla 3.1., 2014).

Para uso de tableros de distribución en una Sala de Control Eléctrica Contenerizada, aplicando los criterios de las normativas mencionadas, se ha realizado un resumen de las características que deben poseer en función de nivel de tensión.

**Tabla 3.13. DP 120/240VAC 1PH-3H Cutler-Hammer**

Tablero de Distribución de Servicio 120/240 VAC (1 PH, 3 HILOS)	
Número de Circuitos	18, 24, 30, 36 o 42
Encapsulado	NEMA 1
Montaje	Sobrepuesto
Certificado	UL
Interruptores automáticos derivados	15A a 100A
Corriente nominal de corto-circuito	10 ó 22 KAIC
Disyuntor principal	60A a 800A
Terminal principal	125A a 800A
Disyuntor secundario	Máx. 225A - 6 Polos
<b>Ingreso</b>	<b>Superior o Inferior</b>

Fuente: (EATON , 2009)

**Tabla 3.14. DP 120/208VAC 3PH-4H Cutler Hammer**

Tablero de Distribución de Servicio 120/208 VAC (3 PH, 4 HILOS)	
Número de Circuitos	18, 24, 30, 36 o 42
Encapsulado	NEMA 1
Montaje	Sobrepuesto
Certificado	UL
Interruptores automáticos derivados	15A a 100A
Corriente nominal de corto-circuito	10 ó 22 KAIC
Disyuntor principal	60A a 800A
Terminal principal	125A a 800A
Disyuntor secundario	Máx. 225A - 6 Polos
<b>Ingreso</b>	<b>Superior o Inferior</b>

Fuente: (EATON , 2009)

**Tabla 3.15. DP 480VAC 3PH-3H Cutler Hammer**

Tablero de Distribución de Servicio 480 VAC (3 PH, 3 HILOS)	
Número de Circuitos	18, 24, 30, 36 o 42
Encapsulado	NEMA 1
Montaje	Sobrepuesto
Certificado	UL
Interruptores automáticos derivados	15A a 1200A
Corriente nominal de corto-circuito	65 KAIC
Disyuntor principal	150A a 1200A
Terminal principal	150A a 1200A
Disyuntor secundario	Máx. 225A - 3 Polos
Ingreso	Superior o Inferior
Switch Fusible	200A a 1200A
<b>Requiere</b>	<b>Supresor de Transientes</b>

Fuente: (EATON , 2009)

**Tabla 3.16. DP 125/250VDC 2H Cutler Hammer**

Tablero de Distribución de Servicio 125/250 VDC (2 HILOS)	
Número de Circuitos	18, 24, 30, 36 o 42
Encapsulado	NEMA 1
Montaje	Sobrepuesto

CONTINUA

Certificado	UL
Interruptores automáticos derivados	15A a 100A
Corriente nominal de corto-circuito	10 KAIC
Disyuntor principal	100A a 800A
Terminal principal	125A a 800A
Disyuntor secundario	Máx. 150A - 18 Polos
<b>Ingreso</b>	<b>Superior o Inferior</b>

**Fuente: (EATON , 2009)**

Adicionalmente son relevantes las recomendaciones redactadas en los párrafos siguientes.

- a) Los conductores dispuestos como alimentadores deben tener una capacidad de corriente suficiente para alimentar a sus respectivas cargas. Sus calibres mínimos deben tener una capacidad de corriente igual o mayor a la carga no continua más el 125% de la carga continua.
- b) La capacidad de corriente de los conductores del alimentador no debe ser menor a la de los conductores de entrada de la acometida.
- c) Todos los alimentadores deben estar protegidos contra sobre-corriente. Cuando un alimentador suministra energía a cargas continuas o a una combinación de cargas continuas y no continuas, la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobre-corriente debe ser mayor a la carga no continua más el 125 % de la carga no continua.
- d) Cuando los alimentadores vayan dispuestos en canalizaciones todos los conductores de estos con un neutro común tienen que estar encerrados en la misma canalización.

- e) Cuando un circuito de derivación necesite conductores de puesta a tierra de los equipos, su alimentador debe incluir un medio de puesta a tierra, para cumplir su cometido.
- f) Para el cálculo de cargas del alimentador y los circuitos de derivación se deben aplicar las tensiones nominales de 121, 121/209, 120/240, 208Y/120, 240, 347, 480Y/277, 480, 600Y/347 y 600 V. En el caso del cálculo de corrientes se omitirán como resultado las fracciones menores a 0,5. La carga calculada de un alimentador o acometida debe ser mayor a la suma de las cargas de los circuitos de derivación alimentados.
- g) Es necesario definir el factor de simultaneidad, que es la relación, expresada como un valor numérico o como un porcentaje, de la potencia simultánea máxima de un grupo de artefactos eléctricos o clientes durante un período determinado; y la suma de sus potencias individuales máximas durante el mismo período, la cual para iluminación se recomienda sea de 1, para aires acondicionados sea 1 y para tomacorrientes sea de 0,2.
- h) La carga del neutro del alimentador o acometida debe ser el máximo desequilibrio de la carga determinada como la carga neta máxima calculada entre el neutro y cualquier otro conductor no puesto a tierra, cuando se traten de sistemas trifilares bifásicos la carga se debe multiplicar por el 140 %. Para sistema de VDC o VAC monofásicos, trifásicos a cuatro hilos, bifásicos a tres hilos, se aplica un factor de demanda del 70 % para la parte de la carga en desequilibrio superior a 200A. En ningún caso se debe reducir la capacidad

del neutro en la parte de la carga (no lineal), conectado a un sistema trifásico a cuatro hilos conectado en estrella.

- i) Los paneles deben tener una capacidad nominal mayor a la mínima del alimentador según la carga calculada. Se deben marcar con la corriente y tensión nominales, número de fases y nombre del fabricante. Los circuitos y las modificaciones de un panel, se deben identificar claramente en cuanto a su uso y un directorio de circuitos situado en la cara interna de la puerta del panel.
- j) Todo panel de distribución debe tener una capacidad de crecimiento, sea con espacios o breakers, de un 30% de la capacidad nominal del Tablero.

#### **3.5.9.1. DISYUNTORES DE PROTECCION.**

Los disyuntores termo-magnéticos de protección, o interruptores automáticos, usados en los Paneles de Distribución para suministrar energía segura en el interior de un PCR Contenerizado son colocados tanto como breakers principales como alimentadores en cada uno de los circuitos secundarios, y su función es proteger a la fuente de eventos de sobre-corriente, sobre-carga, sobre-temperatura o cortocircuitos francos, cortando el paso de energía al instante hacia las cargas que son el origen de la falla. Los parámetros de selección de un disyuntor son (EATON , 2009):

- a) **Voltaje del Sistema (Volts):** Deben aplicarse en sistemas eléctricos cuyos voltajes no excedan la tensión nominal o de diseño del disyuntor.

- b) **Corriente de Operación (Amperes):** Es la corriente máxima en régimen continuo a la cual el interruptor trabaja sin dispararse. La calibración se realiza para un funcionamiento a 40°C, que es el promedio de temperatura que se tiene en el interior de un gabinete.
- c) **Capacidad Interruptiva (Amperes simétricos):** Se define como la corriente de falla máxima que el interruptor puede eliminar sin ser dañado. Ésta en función de la impedancia y capacidad del transformador, la distancia de éste y el punto donde se localice el interruptor, el calibre de los conductores y la contribución de los motores, ya que actúan como generadores en los primeros ciclos de falla. En otras palabras, podemos decir que la capacidad interruptiva debe ser igual o mayor a la corriente de cortocircuito calculada.
- d) **Frecuencia (Hertz):** Los valores típicos de un disyuntor es de 50, 60 y 120Hz, para frecuencias mayores, hasta 400 Hz., comúnmente utilizados en sistemas dedicados.
- e) **Número de Fases (Polos):** Son las fases activas del sistema, y sirven de base para determinar el número de polos del interruptor; siendo los más comunes de 1, 2 o 3 polos.
- f) **Condiciones de Operación:** Es necesario considerar eventos tales como temperatura del ambiente, corrosión, humedad, altitud, posición de montaje y ubicación interior o exterior.
- g) **Sistemas de Coordinación de Protecciones:** Cuando en un sistema se cuenta con diversos dispositivos de protección, es conveniente contar con las curvas características de los interruptores a fin de evitar disparos no deseados

y obtener una adecuada coordinación. Estas curvas representan los límites de disparo de sobre-corriente a una temperatura ambiente determinada (normalmente a 40°C).

- h) **Accesorios:** Se aplican cuando se desea contar con medios de control, señalización, alarma y protección por bajo voltaje; se instalan en el interior de los interruptores.
- i) **Dimensiones:** Son indispensables cuando se planea montar el interruptor en gabinete, tableros o maquinaria en general. Una sección específica de dimensiones se inicia en la página con lo cual el fabricante de equipo original o tablerista podrá seleccionar el equipo que mejor cubra sus requerimientos.
- j) **Mantenimiento:** Como comisionado es necesario desarrollar un riguroso protocolo de pruebas al disyuntor, previo a ello y evaluando la operación continua de éste se debe definir la gama del disyuntor en función de la capacidad que va a tener el operador de darle mantenimiento, ya que si es un sistema que no preste estas facilidades lo más recomendable es usar un dispositivo que requiera el mínimo mantenimiento.

Ahora, es importante definir con seguridad la capacidad del Main Breaker de cada uno de los Paneles de Distribución a usarse dentro de los requerimientos de energía de un PCR, para lo cual nos guiamos de las recomendaciones dadas conforme la NEC Art. 404 y 408, representadas en las Tablas 3.17 y 3.18.

**Tabla 3.17. Dimensionamiento de Main Breaker 120/240VAC 1PH**

<b>Dimensionamiento Main Circuit Breaker analizando Transformador (1 PH)</b>	
<b>Capacidad de Transformador (120/240VAC) (KVA)</b>	<b>Capacidad de Main Circuit Breaker sugerido (Amperes)</b>
10	60
15	80
25	150
37.5	200
50	300

**Fuente: (Powell, Powell Electrical Manufacturing Company, 2003)**

**Tabla 3.18. Dimensionamiento de Main Breaker 120/208VAC 3PH**

<b>Dimensionamiento Main Circuit Breaker analizando Transformador (3 PH)</b>	
<b>Capacidad de Transformador (120/208VAC) (KVA)</b>	<b>Capacidad de Main Circuit Breaker sugerido (Amperes)</b>
15	60
30	100
45	150
75	225

**Fuente: (Powell, Powell Electrical Manufacturing Company, 2003)**

### **3.5.10. SISTEMA DE ENERGÍA ININTERRUMPIDA EN VAC, UPS.**

Los sistemas para respaldar energía permiten, entregar energía a una carga para que ésta pueda funcionar, la operación normal es tomar la energía de la red y enviarla a la carga. Cuando se produce un corte, del suministro de energía de la red pública, el sistema de respaldo, utiliza una fuente de energía propia para seguir alimentando la carga.

Según ésta definición, muchos sistemas podrían ser clasificados como equipos de respaldo, incluso hasta un grupo motor generador con partida automática, sin embargo cuando se trata de alimentar equipos electrónicos sensibles, hay que considerar el tiempo de transferencia y energía regulada pura. El tiempo de transferencia es el tiempo que transcurre desde que la energía de la red desaparece, hasta que llega la energía propia del sistema de respaldo. La idea es minimizar el tiempo de transferencia, para que el equipamiento electrónico no detecte el corte de energía, lo ideal es un tiempo de transferencia 0.



**Figura 3.25. UPS's On-line APC de 1KVA a 10KVA**

**Fuente: (APC, 2014)**

Es común utilizar como nombre genérico de los equipos de respaldo, la sigla inglesa UPS, que significa “Uninterruptable Power Supply”, y cuya traducción es “Fuente de Poder Ininterrumpida”. Un UPS realiza el proceso de respaldo de energía y también entrega energía regulada y confiable en Corriente Alterna. Para corriente directa se usa otro sistema de respaldo. Algunos de los beneficios puntuales que se tiene con un UPS son los siguientes:

- a) Proporcionan energía eléctrica de calidad.
- b) Tiempo de respaldo expandible.

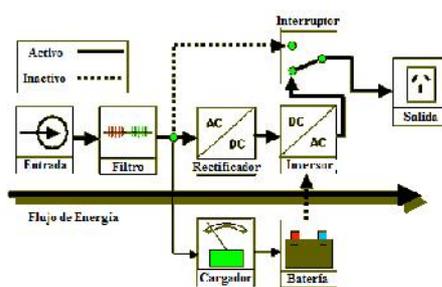
- c) Protección de los equipos electrónicos que alimenta.
- d) Configurables en paralelo por capacidad o redundancia.
- e) Alta eficiencia.
- f) Administración y verificación de parámetros eléctricos.
- g) Variedad de tensiones de operación: 120 / 220 / 480 / 600 VAC.
- h) Capacidad de mantenimiento de equipos, con facilidad. Capacidad de Bypass interno para labores de mantenimiento.

Actualmente existen varias topologías para implementar equipos de respaldo, cada una ofrece diferentes características técnicas. A continuación se detallará el tipo de UPS que se usará para respaldo de energía de VAC en una Sala Eléctrica Contenerizada. El UPS posee tres módulos fundamentales (SIDEI Ingenieros, 2012, pp. 1, 2):

- a) **Rectificador:** Su función es tomar la tensión alterna proveniente de la red eléctrica, y convertirla en tensión continua.
- b) **Inversor:** Su función es convertir la tensión continua de entrada, en tensión alterna, éste módulo produce la energía que alimenta la carga.
- c) **Baterías con Cargador de Baterías:** Las baterías almacenan energía eléctrica, de ellas se obtiene la energía para el funcionamiento de las cargas cuando no hay energía en la red. La función del cargador de baterías es recuperar y mantener la energía almacenada en las baterías.

Cuando la tensión de la red pública, está dentro del rango de entrada del UPS, la energía de la red pasa por el rectificador hacia la entrada del inversor, y la salida del inversor alimenta la carga. Las baterías son cargadas.

Al producirse un corte de energía o si la tensión de la red está fuera del rango de entrada, las baterías entregan energía al inversor, y la salida del inversor alimenta la carga. Las baterías son descargadas.



**Figura 3.26. Configuración UPS On-line**

**Fuente: (Unicrom, 2012)**

En ambos casos el inversor siempre alimenta la carga, y es la entrada del inversor la que se conmuta entre el rectificador y las baterías. Esta acción de conmutación se realiza mediante elementos electrónicos llamados diodos, y no producen interrupción en la tensión de salida y tampoco existe tiempo de transferencia.

Una característica fundamental de este tipo de UPS es que el inversor siempre está funcionando, y para evitar confusión con otros tipos se les llama UPS On-Line.

Las baterías usadas en un UPS deben ser específicas para este tipo de sistemas, la recomendación técnica es que sean baterías de ciclo profundo, selladas, secas y libres de mantenimiento. Son sugeridas las baterías tipo VRLA que son “batería de ácido-plomo regulada por válvula”, lo que significa que la batería es hermética. Habrá escape de gas en las válvulas de seguridad únicamente en caso de sobrecarga o de algún fallo de los componentes. Las baterías VRLA no requieren ningún tipo de mantenimiento (Victron Energy, 2008).

Las regulaciones y normas a considerarse dentro del diseño y construcción de un PCR Contenerizado son NEMA IB 4, IEEE 450, IEEE 484, NEMA AB 1, NEMA PV 5 y NEC Art. 700, 701 y 702 (Tabla 3.1., 2014).

Algunas recomendaciones adicionales se describen en los siguientes párrafos.

- a) La capacidad, tensión de entrada, tensión de salida y tiempo de autonomía de un UPS se seleccionan en función de la carga nominal a alimentar. El banco de baterías se selecciona específicamente en función del tiempo de autonomía y la tensión del Bus D C del UPS.
- b) La salida del UPS debe alimentar solamente cargas de monitoreo, control y sistemas de alarma.
- c) La selección estándar para sistemas de baterías de un PCR es el plomo de tipo ácido, pero níquel-cadmio es aceptable.

- d) Tanto el sistema de UPS, como sus cargas y rutas de cable, deben estar bien identificados.
- e) Es opcional, dependiendo de las baterías usadas, que el ambiente donde se ubiquen las baterías de los sistemas de respaldo sean aislados del resto del PCR y de ser ese el caso, debe tener un sistema de ventilación.
- f) El área del PCR donde se ubique el UPS y las baterías, debe climatizarse a una temperatura de 22°C, que es la temperatura de operación ideal para el UPS, además desde los 25°C las baterías se ven afectadas en su vida útil.
- g) El tiempo de autonomía de las baterías esté en función de las necesidades específicas de la carga y de la actividad productiva que esta comande.
- h) El UPS debe ser dimensionado con capacidad de crecimiento, la cual debe ser de al menos un 10%.
- i) Es recomendable que se sustituya una batería cuando su rendimiento real reduce hasta un 80% de su nominal rendimiento, ya que hay poca vida que ganar permitiendo un funcionamiento más allá de este punto, por otro lado, para asegurar que la batería es capaz de cumplir con sus cargas de diseño a lo largo de su vida útil, la capacidad nominal de la batería debe ser de al menos 125% de la carga esperado al final de su vida útil.
- j) El UPS debe tener una capacidad de 30% adicional a la potencia dimensionada para la potencia nominal de suministro para la carga.
- k) Las baterías utilizadas en el sistema de emergencia deben durar mínimo 1 ½ horas sin que la tensión caiga por debajo del 87,5% de la tensión normal.

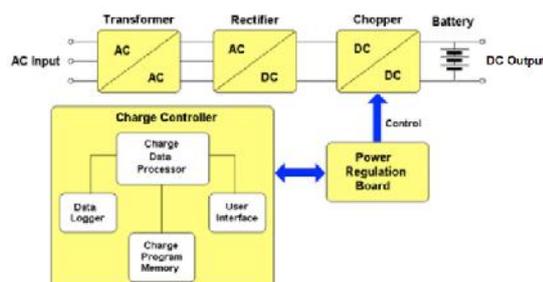
- 1) Cortocircuitos en la carga o en las baterías es un evento que se puede dar, por lo tanto, el sistema de baterías debe estar equipado con dispositivos de protección, estos son interruptores de fallo situadas estratégicamente en todo el sistema de distribución de energía.

### **3.5.11. SISTEMA DE ENERGÍA ININTERRUMPIDA EN VDC, RECTIFICADOR.**

Los sistemas para respaldar energía permiten, entregar energía a una carga para que ésta pueda funcionar, la operación normal es tomar la energía de la red y enviarla a la carga. Cuando se produce un corte, del suministro de energía de la red pública, el sistema de respaldo, utiliza una fuente de energía propia para seguir alimentando la carga.

Para el suministro de energía y respaldo de ella, en sistemas de energía VDC todo el proceso se realiza On-line, en tal motivo, no existe tiempo de transferencia. El equipo usado para respaldo de energía en VDC es un Rectificador – Cargador, el cual se alimenta desde la red pública, la acondiciona a niveles de tensión apropiados, realiza la conversión de Corriente Alterna a Corriente Directa y a través de un proceso de control pre-configurado realiza la carga del banco de baterías, propio del equipo y a la vez suministra energía a las cargas. Cuando se produce un corte de energía de la red pública el Rectificador – Cargador detiene la fase de rectificación y carga de baterías y habilita desde las baterías el suministro de energía hacia las

cargas de forma directa. Una vez que la energía de la red pública se habilita nuevamente, restablece todo el sistema a la operación original.



**Figura 3.27. Configuración Rectificador – Cargador**

**Fuente: (Amperis, 2007)**

Algunos de los beneficios puntuales que se tiene con un Rectificador - Cargador son los siguientes:

- a) Proporcionan energía eléctrica de calidad.
- b) Tiempo de respaldo seleccionable por el usuario.
- c) Protección de los equipos electrónicos que alimenta.
- d) Configurables en paralelo por capacidad o redundancia.
- e) Alta eficiencia.
- f) Administración y verificación de parámetros eléctricos.
- g) Variedad de tensiones de operación: 24, 48, 110, 125, 250VDC.
- h) Capacidad de mantenimiento de equipos, con facilidad. Capacidad de By-pass interno para labores de mantenimiento.

Las baterías usadas en un Rectificador – Cargador deben ser específicas para este tipo de sistemas, la recomendación técnica es que sean baterías de ciclo profundo, selladas, secas y libres de mantenimiento. Son sugeridas las baterías tipo VRLA que son “batería de ácido-plomo regulada por válvula”, lo que significa que la batería es hermética. Habrá escape de gas en las válvulas de seguridad únicamente en caso de sobrecarga o de algún fallo de los componentes. Las baterías VRLA no requieren ningún tipo de mantenimiento (Victron Energy, 2008).

Las regulaciones y normas a considerarse dentro del diseño y construcción de un PCR Contenerizado son NEMA IB 4, IEEE 450, IEEE 484, NEMA AB 1, NEMA PV 5, NEC Art. 480, 700, 701 y 702, IEEE Art. 450 (Tabla 3.1., 2014).



**Figura 3.28. Rectificador – Cargador MDS Power 125VDC**

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

Algunas recomendaciones adicionales se describen en los siguientes párrafos.

- a) La capacidad, tensión de entrada, tensión de salida y tiempo de autonomía de un Rectificador - Cargador se seleccionan en función de la carga nominal a alimentar.
- b) El banco de baterías se selecciona específicamente en función del tiempo de autonomía y tensión VDC requerida del Rectificador – Cargador, que viene siendo la misma del arreglo de baterías.
- c) La salida del Rectificador – Cargador debe alimentar solamente cargas de monitoreo, control y sistemas de alarma, ya que debe recordarse que de éste equipo sale energía de respaldo.
- d) La selección estándar para sistemas de baterías de un PCR es el plomo de tipo ácido, pero níquel-cadmio es aceptable.
- e) Tanto el sistema de Rectificador - Cargador, como sus cargas y rutas de cable, deben estar bien identificados.
- f) Es opcional, dependiendo de las baterías usadas, que el ambiente donde se ubiquen las baterías de los sistemas de respaldo sean aislados del resto del PCR y de ser ese el caso, debe tener un sistema de ventilación.
- g) El área del PCR donde se ubique el Rectificador - Cargador y las baterías, debe climatizarse a una temperatura de 22°C, que es la temperatura de operación ideal para equipos eléctricos, además desde los 25°C las baterías se ven afectadas en su vida útil.
- h) El tiempo de autonomía de las baterías esté en función de las necesidades específicas de la carga y de la actividad productiva que esta comande.

- i) El Rectificador - Cargador debe ser dimensionado con capacidad de crecimiento, la cual debe ser de entre el 10% y 15%.
- j) Es recomendable que se sustituya una batería cuando su rendimiento real reduce hasta un 80% de su nominal rendimiento, ya que hay poca vida que ganar permitiendo un funcionamiento más allá de este punto, por otro lado, para asegurar que la batería es capaz de cumplir con sus cargas de diseño a lo largo de su vida útil, la capacidad nominal de la batería debe ser de al menos 125% de la carga esperado al final de su vida útil.
- k) Cortocircuitos en la carga o en las baterías es un evento que se puede dar, por lo tanto, el sistema de baterías debe estar equipado con dispositivos de protección, estos son interruptores de fallo situadas estratégicamente en todo el sistema de distribución de energía.
- l) Las baterías utilizadas en el sistema de emergencia deben durar mínimo 1 ½ horas sin que la tensión caiga por debajo del 87,5% de la tensión normal.
- m) Un sistema de emergencia no debe demorar más de 10 segundos en activarse luego de la falla de la alimentación normal. La selección de la fuente de emergencia debe ser la adecuada según la aplicación que se le vaya a dar debido a los tiempos de funcionamiento del lugar.
- n) El alumbrado de emergencia o cualquier otro sistema no relacionado con monitoreo, control o seguridad eléctrica debe utilizar un sistema de baterías por separado.

- o) La elección del tipo de batería debe basarse en el espacio disponible, el costo y la preferencia del usuario, pero enmarcados en el tipo de baterías recomendadas técnicamente.
- p) El rectificador, banco de baterías y cargador de baterías, deben estar conectados en paralelo, cuidando que el voltaje flotante no exceda el máximo permisible de la carga, eso debe ser configurable en el equipo Rectificador – Cargador.
- q) Regularmente la conformación del banco de baterías de un Rectificador – Cargador se logra integrando celdas en serie hasta lograr el voltaje VDC deseado, en el caso del PCR el valor estándar es de 125VDC. La capacidad en Ah, (Electricidad Gratuita, 2012), se logra con este mismo arreglo, donde el valor de Ah de una de las celdas es el valor de la capacidad total del banco de baterías.
- r) El Rectificador – Cargador debe ser dimensionado y seleccionado para estar en capacidad de alimentar una o varias cargas de tipo continuas o momentáneas, sea que estas se activen una a la vez o todas de forma simultánea. Una carga momentánea es aquella que se activa por un período no mayor a 1 minuto, pueden activarse se forma sucesiva (Powell, 2014).

### **3.5.12. TABLERO DE CONTROL Y COMUNICACIONES.**

Un Tablero de Control y Comunicaciones es un gabinete que facilita los medios de hardware y software para monitorear y controlar las actividades eléctricas

de una determinada locación, en este caso del PCR Contenerizado. El Tablero de Control y Comunicaciones tiene en su interior disyuntores automáticos y supresores para protección de la tensión de alimentación, fuentes de VDC redundantes para energizar todos los dispositivos electrónicos que forman parte del tablero, disyuntores y fusibles de protección de las señal de salida de las fuentes, toma de energía, barra de tierra, Switches Ethernet para conexión Scada y de Seguridad, Panel de Fibra Óptica, Patch Panel de Fibra Óptica, de Scada, de Seguridad; señalización, cableado de control y energía, rutas de canaletas, borneras, protectores, etc. Todos estos elementos apuntan a disponer de un panel con total comunicación a nivel de fibra óptica y Ethernet. El gabinete que encapsula los elementos de comunicación, tendrá un grado de estanqueidad conforme sea instalado en una zona no clasificada, sea interior o exterior, o en una zona clasificada peligrosa.

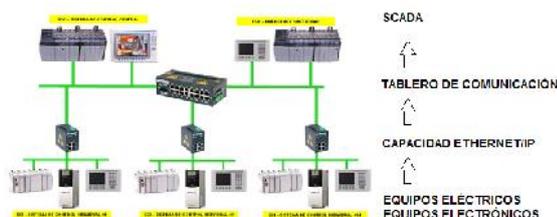


**Figura 3.29. Panel de Comunicaciones Ethernet / FO**

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

En la actualidad muchos equipos eléctricos y electrónicos tienen implícita conectividad vía Ethernet o vía Fibra Óptica, así, los equipos que conforman el PCR no son la excepción, de modo que muchos de ellos pueden integrarse fácilmente a

una red de mayor nivel con tan solo conectarse y configurarse a través de un switch o un panel y patch panel.



**Figura 3.30. Arquitectura de Comunicación PCR**

**Fuente: (SLACOL, 2012)**

Un PCR Contenerizado, al ser diseñado para una plataforma petrolera, deberá tener la capacidad de integrarse a la red Scada (Procesos o Seguridad) sea vía Ethernet o FO, es por ello que disponer de un Tablero de Comunicaciones entre sus servicios auxiliares es de gran utilidad.



**Figura 3.31. Comunicación PCR a Scada Central / Ethernet - FO**

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

Para el diseño y construcción del Tablero de Comunicaciones se sigue las recomendaciones dadas conforme la IEEE 1613, IEEE 1588v2, IEEE 802.1 AR, NEC Art. 800 -810 – 820 – 830, UL 67, UL 508 o equivalentes.

### 3.5.13. SISTEMA DE TIERRA

Un Sistema de Puesta a Tierra, es un conjunto de elementos formados por electrodos, cables, conexiones, platinas, barras y líneas de tierra física de una instalación eléctrica, que permiten conducir, drenar y disipar hacia el suelo físico una corriente no deseada o peligrosa.

Un sistema de puesta a tierra consiste en la conexión de artefactos eléctricos y electrónicos a un punto común denominado tierra, para evitar que sufran daño, tanto las personas como los equipos eléctricos y electrónicos, en caso de una corriente de falla.



**Figura 3.32. Sistema de Tierra PCR Wati Repsol**

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

En el caso de un PCR Contenerizado, se cuenta con dos barras de tierra puntuales, una es la barra de tierra de electrónica y otra es la barra de tierra eléctrica. La barra de tierra electrónica integra específicamente los equipos y sistemas de control y comunicación y se encuentra aislada del resto del PCR. La barra de tierra eléctrica integra la totalidad de equipos y sistemas que no sean de control y

comunicación, además integra las estructuras, bandejas, soportes, conduit, ductos y se integra además la estructura mecánica del PCR.

Debido a la naturaleza del PCR y su capacidad de ser móvil, las barras de tierra tanto eléctrica como electrónica llegan hasta la parte inferior del PCR y allí presentan facilidades para ser integradas a la malla de tierra del sitio donde se lo instale.

Se debe instalar un sistema de puesta a tierra porque ante una descarga forzada, un corto circuito o una corriente de fuga, sin tierra física, las personas estarían expuestas a una descarga eléctrica, los equipos tendrían errores en su funcionamiento. Si las corrientes de falla no tienen un camino para disiparse, por medio de un sistema de conexión correctamente diseñado, entonces éstas encontrarían caminos no recomendables, que podrían incluir a las personas, resumiendo, un sistema de tierra adecuado es vital por (MASSATIERRA, 2011):

- a) Seguridad humana.
- b) Seguridad de los equipos eléctricos o electrónicos.
- c) Buen funcionamiento de los equipos.
- d) Estabilizar los voltajes fase a tierra en líneas eléctricas bajo condiciones de régimen permanente, por ejemplo, disipando cargas electrostáticas que se han generado debido a nubes, polvo, aguanieve, o la fricción de materiales o maquinaria, etc.

- e) Una forma de monitorear la instalación del sistema de suministro de potencia.  
A través de transformadores de falla a tierra.
- f) Para eliminar fallas a tierra con arco eléctrico persistente.
- g) Para asegurar que una falla que se desarrolla entre los embobinados de alto y bajo voltaje de un transformador pueda ser manejada por la protección primaria.
- h) Proporcionar una trayectoria alternativa para las corrientes inducidas y así minimizar el “ruido” eléctrico en cables.
- i) Proporcionar una plataforma equipotencial sobre la cual pueda operar correctamente el equipo electrónico.

Los sistemas de tierra para una Sala de Control Eléctrica Contenerizada se enmarcan dentro de las regulaciones dadas por NEC Art. 250 y 392, ASTM B8, NEMA CC-1, IEEE 80, ANSI C76.1, IEEE 32.

Algunas recomendaciones puntuales sobre el diseño y construcción del sistema de tierra en un PCR Contenerizado se listan en los siguientes párrafos.

- a) Se proporcionará sólo una conexión a tierra para cada circuito del sistema eléctrico global.
- b) Conexión a tierra para blindaje cableado será de la fuente de alimentación.

- c) La red de tierras de una locación como un PCR, estará diseñada para una capacidad adecuada para disipar la corriente inducida a él, a tierra en las condiciones más severas.
- d) Los principales elementos de equipamiento, tales como interruptores, subestaciones unitarias secundarias, centros de control de motores, paneles de distribución y paneles de control, tendrá buses de tierra integrales que se conectarán al sistema de tierras global.
- e) De ser necesario implementar un Sistema de pararrayos se procederá conforme las regulaciones dadas por ANSI/IEEE C62.1.
- f) Los paneles y equipos electrónicos, cuando sea necesario, serán conectados a tierra utilizando un cable de tierra aislado, se conecta de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Adicional el sistema de puesta a tierra global del PCR estará conectado al sistema de tierra planta existente.
- g) Cada panel de iluminación, equipo de climatización, tablero, Switchgear, MCC, armaduras de cables, equipos auxiliares y sus cargas asociadas serán suministrados con un conductor de protección. El conductor está dimensionado por la capacidad de conducción de corriente permitida por una serie de reglas en el NEC. Todos los equipos deben integrarse al sistema de tierras conforme con un conductor cuyo calibre se especifica en la Tabla NEC 250.122., detallado en la Tabla 3.19.

**Tabla 3.19. Dimensionamiento de conductor de tierra de equipos en función de capacidad de corriente**

<b>Minimum Size Equipment Grounding Conductors for Grounding Raceway and Equipment</b>		
<b>Rating or Setting of Automatic Overcurrent Device in Circuit Ahead of Equipment, Conduit, etc., Not Exceeding (Amperes)</b>	<b>Size (AWG or kcmil)</b>	
	<b>Copper</b>	<b>Aluminum or Copper-Clad Aluminum</b>
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	800
5000	700	1200
<b>6000</b>	<b>800</b>	<b>1200</b>

**Fuente: (National Fire Protection Association, 2011)**

- h) La estructura metálica del PCR puede ser considerado un plano equipotencial de modo que será obligatorio su integración en el sistema de tierras, conforme NEC Art. 250.68 (B).

- i) El PCR y el sistema de tierras siendo un solo conjunto, está obligado a proveer las facilidades para que sea integrado de forma efectiva y funcional hacia la malla de tierra general, conforme NEC Art. 250.52.
- j) La barra de tierra o bus, será de cobre, y se seleccionará en concordancia a la capacidad de corriente operada en el PCR, sin ser menor a  $\frac{1}{4}$ " de espesor X 2" de ancho (Electricidad General, 1999).
- k) Es recomendable pero no obligatorio que el bus de cobre se puede instalar alrededor de todo el interior perímetro de la sala de control de potencia. Esta tierra interna conectará todos los equipos individuales bus de tierra.

#### **3.5.14. TRANSFORMADOR**

Un transformador es una máquina estática de corriente alterna, que permite variar parámetros eléctricos, como el voltaje o la intensidad, manteniendo la frecuencia y la potencia, asumiendo el caso de un transformador ideal.

Para lograrlo, transforma la electricidad que le llega al devanado de entrada en magnetismo para volver a transformarla en electricidad, en las condiciones deseadas, en el devanado secundario.

En la actividad eléctrica de todo tipo de industrias, es vital el uso de transformadores, tanto a nivel de fuerza como a nivel de monitoreo y control, debido a tan específica actividad y su gran variedad de tipos de transformadores.



**Figura 3.33. Transformador Seco y Pad Mounted**

**Fuente: (VOLTRAN, 2014)**

En un PCR Contenerizado se requieren transformadores de varios tipos, ya que ellos están involucrados en varias de sus actividades. Existen en el PCR transformadores para variar los niveles de tensión de 13.8KV a 209.3V, de modo que se pueda tomar energía de celdas de una tensión elevada y sean acondicionadas a niveles de tensión útiles para los servicios auxiliares del mismo PCR. En los SWG o MCC hay transformadores de potencia (PT) y transformadores de corriente (CT) que permiten realizar monitoreo y control en operación, así como también son usados para monitoreo de señales para seguridad y protección de dichos equipos.

Los transformadores se basan en la inducción electromagnética, al aplicar una fuerza electromotriz en el devanado primario, es decir una tensión, se origina un flujo magnético en el núcleo, este flujo viajará desde el devanado primario hasta el secundario. Con su movimiento originará una fuerza electromagnética en el devanado secundario. Es mandatorio que la corriente sea alterna para que se produzca esta variación de flujo, en el caso de corriente continua el transformador no se puede utilizar.

Hay muchos tipos de transformadores pero todos están basados en los mismos principios básicos, a fin de clasificarlos, se los puede separar en dos grupos de tipos básicos: transformadores de potencia y de medida (Endesa, 2014).

Los transformadores eléctricos de potencia sirven para variar los valores de tensión de un circuito de corriente alterna, manteniendo su potencia, los más relevantes y que son usados alrededor de las actividades de un PCR, son:

- a) **Transformadores eléctricos elevadores:** Tienen la capacidad de aumentar el voltaje de salida en relación al voltaje de entrada. Se usan para líneas de transmisión, para alimentar bombas de extracción de crudo, etc.
- b) **Transformadores eléctricos reductores:** Tienen la capacidad de disminuir el voltaje de salida en relación al voltaje de entrada. Se usan para líneas de distribución, para acondicionar niveles de media tensión a niveles de baja tensión útiles.
- c) **Autotransformadores:** Se utilizan cuando es necesario cambiar el valor de un voltaje, pero en cantidades muy pequeñas. La solución consiste en montar las bobinas a manera sumatoria. La tensión, en este caso, no se introduciría en el devanado primario para salir por el secundario, sino que entra por un punto intermedio de la única bobina existente.
- d) **Transformadores de potencia con derivación:** Son transformadores de elevación o reducción, es decir, elevadores o reductores, con un número de

espiras que puede variarse según la necesidad. Este número de espiras se puede modificar siempre y cuando el transformador no esté en marcha.

Transformadores eléctricos de medida sirven para variar los valores de grandes tensiones o intensidades para poderlas medir sin peligro, los más relevantes y que son usados alrededor de las actividades de un PCR, son:

- a) **Transformadores eléctricos de intensidad:** Toma una muestra de la corriente de línea a través del devanado primario y lo reduce hasta un nivel seguro para medirlo. Su devanado secundario está enrollado alrededor de un anillo de material ferromagnético y su primario está formado por un único conductor, que pasa por dentro del anillo. El anillo recoge una pequeña muestra del flujo magnético de la línea primaria, que induce una tensión y hace circular una corriente por la bobina secundaria.
- b) **Transformador eléctrico potencial:** Se trata de una máquina con un devanado primario de alta tensión y uno secundario de baja tensión. Su única misión es facilitar una muestra del primero que pueda ser medida por los diferentes aparatos.

Las recomendaciones para selección y uso de transformadores dentro de las actividades eléctricas pertinentes en un PCR están dadas por ANSI-U1, NEMA ST20, UL 506, NEC Art. 450. Adicionalmente, existen recomendaciones puntuales relevantes que se plantean en los párrafos siguientes.

- a) Un PCR requiere niveles de tensión para cargas tradicionales, esto es 121V y 209.3V, de no tenerla de una fuente directamente, es primordial contar con un transformador que permita obtener los niveles de voltaje mencionados. La capacidad del transformador incluye iluminación y sistemas de climatización.
- b) Un transformador se debe aterrizar eléctricamente así como también su chasis o cubierta mecánica.
- c) Es necesario pruebas de verificación de polaridad, para asegurarse de que las conexiones entre los transformadores de medida y medidores tengan la polaridad correcta y que los instrumentos indicadores muestran una medición correcta. Todos los relés, medidores y dispositivos, presentes en los circuitos son verificados para operar según lo requieran los diagramas de control. Para los transformadores de corriente los niveles de intensidad se comprueban durante operación del equipo con un amperímetro, validando que estén dentro de los parámetros requeridos. Para análisis de voltaje, una tensión primaria se aplica a los equipos para poner a prueba todo el potencial y el control de los circuitos transformadores de potencia.
- d) Para circuitos que alimentan unidades de alumbrado inductivas, por ejemplo balastos y transformadores, las cargas calculadas están en función de la capacidad de corriente total en cada unidad en amperios y no en el total de vatios de las lámparas.
- e) Los instrumentos, luces piloto, transformadores de potencial y otros dispositivos de tableros que tengan bobinas en derivación, deben estar

alimentados por un circuito que esté protegido por dispositivos de sobrecorriente de 15A.

- f) Los transformadores tipo seco instalados en interiores de capacidad  $11\frac{1}{2}$  KVA nominales o menos, se deben instalar con una distancia de 305mm de materiales combustibles a menos que estén separados por una barrera resistente al fuego y aislante del calor, si están en exteriores también se cumple lo estipulado pero su sistema de aislamiento debe ser de otra clase si son mayores a esta potencia, se deben instalar en un cuarto de transformadores de construcción resistente al fuego.
- g) En el caso de transformadores en aceite, deben poseer aberturas de ventilación, alejadas de las puertas, su área neta total a excepción del área ocupada por rejillas o pantallas, debe ser mínimo de  $2000 \text{ mm}^2$  por KVA de capacidad del transformador, todas las aberturas de ventilación deben estar dotadas de compuertas contra incendios de cierre automático, los conductos de ventilación deben ser de un material resistente al fuego. Para transformadores de más de 100 KVA las bóvedas deben tener un drenaje para eliminar la acumulación de aceite o agua, no deben entrar ni ser atravesadas por otros sistemas de conductos diferentes a los eléctricos.
- h) Los conductores que alimentan la carga o los transformadores, no se deben instalar en canalizaciones que contengan otros conductores a menos que estos estén protegidos contra falla a tierra o sea de puesta a tierra.
- i) Los encerramientos para transformadores, interruptores de circuito contra falla a tierra o similares conectados a conduit que vaya con caja moldeado o

deben estar: certificados y rotulados para ese propósito, equipados con entradas o acoples roscados o con acople no metálico certificado para este fin, con un sello aprobado que evite la circulación de aire entre el conduit y los encerramientos, Ofreciendo continuidad eléctrica entre todos los conduit metálicos y puestas a tierra mediante conexiones adecuadas resistentes a la corrosión.

### 3.5.15. SWITCHGEAR.

El término Switchgear es genérico, a nivel industrial se lo utiliza para abarcar ensambles de dispositivos de conmutación e interrupción, junto con equipo de control, medición, protección y regulación.



**Figura 3.34. SwitchGear ABB UniGear**

**Fuente: (ABB, 2013)**

Los componentes principales de un Switchgear estándar suelen ser los siguientes:

- a) **Dispositivos de Control**, revisan y/o regulan el flujo de energía.

- b) **Dispositivos de Conmutación e Interrupción**, se utilizan para conectar y desconectar el suministro de energía.
- c) **Dispositivos de Medición**, se utilizan para medir el flujo de la energía eléctrica.
- d) **Dispositivos de Protección**, se utilizan para proteger el servicio de suministro de energía eléctrica contra interrupción y para prevenir o limitar el daño al equipo.

Como se puede observar, el Switchgear ofrece numerosas opciones muy importantes juntas en un solo paquete.

Ahora, para utilidad del PCR Contenerizado es necesario definir un Switchgear de media tensión, que básicamente es un ensamble integrado de interruptores de circuito removibles, en compartimientos con un bus principal aislado, dispositivos de control asociados y equipo auxiliar diseñado para proporcionar una protección de circuito de media tensión. Los Switchgear de media tensión se ubican en tres niveles: de 5 y 15 KV, de 27 KV y de 38 KV. Sus valores nominales de Corriente, (American National Standards Institute, 2013), son normalmente 1200, 2000 ó 3000A. en cualquiera de los tres niveles de tensión detallados. Es factible disponer de Switchgears con valores nominales de corriente más altos, los cuales utilizan ventiladores para enfriar el equipo. Los componentes principales de un Switchgear de media tensión estándar suelen ser los siguientes:

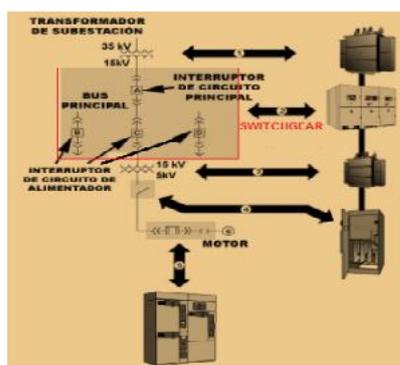
- a) Interruptores de circuito de media tensión removibles (Extraíbles – Draw Out).
- b) Compartimientos separados para Bus Principal
- c) Compartimientos separados para conexiones de entrada/salida de línea
- d) Interruptores separados para interruptores de circuito, equipo de control y otro equipo auxiliar.
- e) Bus principal y conexiones, todo aislado.
- f) Barreras metálicas que separan cada estructura vertical y cada compartimiento dentro de cada estructura (Metal – Clad).

Un Switchgear de media tensión puede ser “blindado” y “no-blindado”, en el caso de ser blindado ó también llamado “metal-clad”, significa que las estructuras y compartimientos dentro de cada estructura, están físicamente separadas entre ellas por barreras metálicas conectadas a tierra. Un Switchgear no-blindado, frecuentemente asociado con equipos de baja tensión, encierra el equipo en estructuras verticales metálicas separadas, sin embargo, los compartimientos no están separados entre ellos con barreras metálicas.

Los Switchgear “blindado ó metal-clad” son de uso común y en particular para la aplicación dada en un PCR Contenerizado, es por ello que a lo largo del presente documento el solo uso del término Switchgear de media tensión, sobreentiende ser blindado.

Como característica propia de un Switchgear de media tensión todas sus conexiones y bus principal son aisladas.

Los Switchgear de media tensión ofrecen un control centralizado y protección para equipos y circuitos de potencia de media tensión. Una aplicación típica incluye generadores, motores, transformadores, circuitos de alimentación, bombas y líneas de transmisión o distribución. Un ejemplo típico de aplicación se muestra a través de la Figura 3.35.



**Figura 3.35. Esquema de aplicación típica de un Switchgear**

**Fuente: (EATON , 2014)**

Dentro del esquema planteado en la Figura 3.35. se tiene los siguientes componentes:

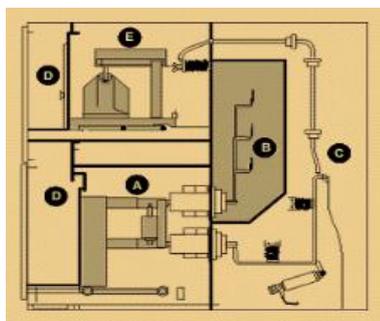
- a) **Ítem 1:** Transformador de subestación, reduce la tensión de 35KV a 15KV, alimenta un interruptor de circuito de media tensión de 15KV.
- b) **Ítem 2:** Switchgear, donde, “A” es el Interruptor de Circuito Principal de un Switchgear de media tensión. El SWG tiene tres interruptores de circuito de

media tensión que son “B”, “C” y “D” para múltiples funciones. El interruptor de circuito “C” alimenta otro transformador.

- c) **Ítem 3:** Transformador reductor de media tensión, que reduce la tensión de 15KV a 5KV. Este interruptor de circuito se conoce como “Interruptor de Circuito de Alimentador”.
- d) **Ítem 4:** Interruptor de media tensión.
- e) **Ítem 5:** Arrancador de motor de media tensión
- f) **Ítem 6:** Motor que puede estar asociado con una operación de bombeo, un proceso de montaje o fabricación.

En la configuración de aplicación mostrada es importante resaltar que el Switchgear de media tensión desempeña una función de protección crítica para la carga, cualquiera sea su área de aplicación, en tal motivo, por su funcionalidad y seguridad sus posibilidades son casi ilimitadas. Un Switchgear de media tensión es una combinación integrada de varios compartimientos. Los tipos de compartimiento incluyen:

**Figura 3.36. Estructura de Switchgear – Compartimientos**



#### Compartimientos Switchgear

- A.** Compartimiento de Interruptor de Circuito
- B.** Compartimiento de Bus Principal
- C.** Compartimiento de Línea
- D.** Área de Compartimiento de Control
- E.** Compartimiento Auxiliar

**Fuente: (EATON , 2014)**

En general, los valores nominales de un Switchgear son determinados por los requerimientos del sistema y los interruptores de circuito seleccionados para proporcionar la protección.

En un Switchgear las conexiones eléctricas primarias se realizan a través de los Interruptores integrados a él, y se trata de la actividad de conexión y desconexión de línea hacia la carga en cualquiera de sus celdas, sea en el interruptor principal o en los interruptores de circuito.

Un Switchgear y muchos de los dispositivos que lo constituyen, requieren de energía de control secundaria para operar, por ejemplo, el motor de carga del interruptor de circuito requiere de una fuente de energía de control para su accionamiento. Cuando el interruptor de circuito es colocado en la posición de “conexión”, un conector de contacto secundario engancha automáticamente un conector secundario compatible montado en el compartimiento de interruptor de circuito. La energía de control es proporcionada al motor de carga y a otros dispositivos, según como se lleva a cabo el alambrado. Cuando el interruptor de circuito es removido de la posición de “conexión”, los contactos secundarios se desenganchan automáticamente. Los conectores de contactos secundarios pueden ser enganchados manualmente cuando el interruptor de circuito se encuentra en la posición de “prueba” dentro de su compartimiento, esto significa que el interruptor de circuito puede ser probado con seguridad sin preocupación en cuanto a las conexiones primarias. Este es un mecanismo de operación estándar para un SWG.

Las recomendaciones técnicas para un Switchgear se enmarcan dentro de las regulaciones siguientes: ANSI C37.04, ANSI C37.06, ANSI C37.20, ANSI C57.13

- a) Los buses de SWG serán conectados en un arreglo de dos extremos con una normalidad desempate abierto.
- b) SWG de baja tensión tendrá un bus de cobre. El tablero se encuentra en el interior o en carcasas prefabricados para equipos eléctricos. El control de entrada de baja tensión, disyuntores y el interruptor de enlace de barra deben ser proporcionados en la celda.
- c) Todos los Interruptores Principales e Interruptores de Empate en 480VAC serán operados por control remoto a través de consolas DCS/PLC.
- d) Todos los breakers de baja tensión del SWG deben tener accionamiento eléctrico, excepto para los interruptores de caja moldeada que se utilizan para alimentar el motor y carga común de la planta.
- e) Todos los breakers accionados eléctricamente deben ser de tipo extraíbles (Draw Out). Todos los interruptores de caja moldeada deben tener solo disparo remoto (Remote Trip).
- f) Todos los breakers del SWG de baja tensión deber tener capacidad de monitoreo de estado (Status Breaker) y además monitoreo de estado del disparo (Status Trip).
- g) El sistema de protección debe incluir una interfaz de comunicación DCS / PLC para supervisión del sistema. El DCS será capaz de determinar el estado del relé de protección.

- h) Los relés de protección deber ser aptos para todo tipo de ambiente y de industria, además deben tener capacidad de comunicación DCS/PLC (Siemens, 2007) analógico o digital.
- i) Los transformadores de corriente toroidales tienen fines específicos de medida. Los parámetros mecánicos y térmicos de dichos transformadores deben determinarse en función de los Interruptores. Su exactitud debe ser igual o superior a los requisitos estándar ANSI.
- j) La ubicación estándar de los transformadores de corriente en el lado del Bus y del lado de la unidad del disyuntor serán accesibles desde el frente del SWG, para permitir agregar o cambiar los transformadores sin manipular las conexiones de aislamiento de media tensión.
- k) Cada sección vertical o celda del SWG debe tener heater-space ó calentadores para evitar la condensación de humedad interior.
- l) El SWG debe tener ingreso frontal a las celdas de control, posterior hacia las barras, y facilidades de ingreso de cable, sean estas superiores o inferiores. Los accesos frontales y posteriores deben tener los mecanismos adecuados de protección para aislar las superficies energizadas. Además deben poseer rejillas de ventilación en las caras que se requiera.
- m) El SWG debe estar en un ambiente controlado, la presurización es opcional. Las rejillas hacia el exterior son opcionales, pero no son recomendables en zonas con vientos, lluvia, polvo fuertes, o en zonas con presencia de nieve.
- n) Existen los Switchgear Arc-Resistant, que son equipos resistentes al arco eléctrico, ya que se instala dentro de una cámara diseñada y construida para

este fin. La Tablas 3.20. muestra las aplicaciones del SWG Arc-Resistant, conforme sus tipos.

**Tabla 3.20. Tipos de SWG Arc-Resistant y aplicaciones**

<b>Arc-Resistant / Metal Clad / Switchgear</b>		
<b>Configuración</b>	<b>Donde se lo usa regularmente</b>	<b>Altura mínima (Pulgadas)</b>
EEMAC Type A ANSI/IEEE Type 1 Protección contra la parte frontal del equipo	SWG, su parte trasera está contra una pared	24
EEMAC Type B ANSI/IEEE Type 2 Protección frente, los lados y trasera del equipo	SWG, su parte trasera está contra una pared, o tiene un pasillo trasero	24 – Si esta contra una pared 36 – si está libre
EEMAC Type C ANSI/IEEE Type 3 Protección frente, los lados y trasera del equipo y entre los compartimentos	SWG, su parte trasera está contra una pared, o tiene un pasillo trasero	24 – Si esta contra una pared 36 – si está libre

**Fuente:** (Powell, 2014)

- o) El Switchgear y otros equipos eléctricos deberán ser instalado dentro de la PCR conforme recomendaciones técnicas. El equipo deberá ser eléctrica y mecánicamente funcional después de la instalación. Debe existir suficiente espacio en los pasillos para que sea fácil retirar elementos extraíbles y mantener el equipo operativo.

## **4. CAPITULO IV**

INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DE UN PCR CONTENERIZADO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA EN MV Y LV EN PLATAFORMAS DE OPERACIÓN PETROLERA.

### **4.1. INGENIERÍA CONCEPTUAL**

A través de la sección de ingeniería conceptual se marcará la pauta para el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle. Se basa en un análisis previo y en la definición de los requerimientos del proyecto.

Esta fase comprende los documentos de ingeniería que delimita un alcance global y conceptual del proyecto, incluido el tipo de tecnología y especificación de equipos a usar.

#### **4.1.1. FORMULACION DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DEL PCR CONTENERIZADO**

Se plantea el desarrollo de la fase de ingeniería de una Sala de Control Eléctrica Contenerizada, ó “PCR Contenerizado”, para suministro de energía en baja y media tensión para aplicación en plataformas de operación petrolera, para ellos es necesario definir con claridad los requerimientos técnicos de la aplicación, las

argumentos tecnológicos de soporte y los lineamientos que permitan ejecutar las fases de ingeniería básica y de detalle.

Es importante definir lo que se desea obtener del PCR Contenerizado, estableciendo la necesidad con sus características específicas, analizando la conformidad con los estándares nacionales Vs. el uso que se le pretende dar al equipo. En tal motivo, la Sala de Control Eléctrica Contenerizada debe considerar los siguientes aspectos:

- a) El PCR Contenerizado debe ser de tipo “contenedor” o “shelter”, facilitando así, su transporte, implantación y operación. Se deben cumplir los estándares multidisciplinarios establecidos para la industria petrolera del Ecuador.
- b) El Ministerio de Transporte y Obras Públicas, en su Acuerdo Ministerial # 036, en el Art.2 (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012, p. 5), determina que el límite máximo de dimensiones para transporte en Cama Baja por las carreteras del país son las siguientes: Largo = 21m / Ancho = 3.2m / Alto = 4.5m, sin embargo, es procedente tramitar un “Certificado de Operación Especial” en el caso de no cumplir las dimensiones establecidas. Debido a este factor y a los limitantes en el manejo de un PCR en el proceso de izaje con una grúa, se establece que las dimensiones máximas del PCR Contenerizado deben ser de: Largo = 12m / Ancho = 4m / Alto = 3.5m.
- c) De acuerdo al estándar manejado en la industria petrolera, la estructura metálica debe ser galvanizada en caliente con acero ASTM A36. La

provisión incluye también escaleras, pasamanos, bajantes y terminados arquitectónicos.

- d) Conforme recomendaciones técnicas, la cubierta metálica debe ser de paneles aisladores térmicos, con poliuretano inyectado de alta densidad (38 Kg/m<sup>2</sup>), espesor = 40mm.; y las paredes metálicas deben ser de paneles aisladores térmicos, con poliuretano inyectado de alta densidad (38 Kg/m<sup>2</sup>), espesor = 60 mm.
- e) Acorde al estándar manejado en la industria petrolera, el piso del contenedor debe ser soldado con plancha metálica pintada, en acero ASTM A36, espesor 6mm. Debe incluir vinyl de alto tráfico. Al ser un PCR requiere vinyl antiestático y aislamiento con alfombra dieléctrica acorde al nivel de tensión de la sala eléctrica.
- f) Como complementos, considerar puertas metálicas paneladas, doble hoja, con barra anti-pánico, dimensiones acorde al equipamiento eléctrico, con aislamiento de poliuretano de alta densidad (38 kg/m<sup>2</sup>), acorde al estándar.

Como equipamiento eléctrico el PCR Contenerizado debe incluir:

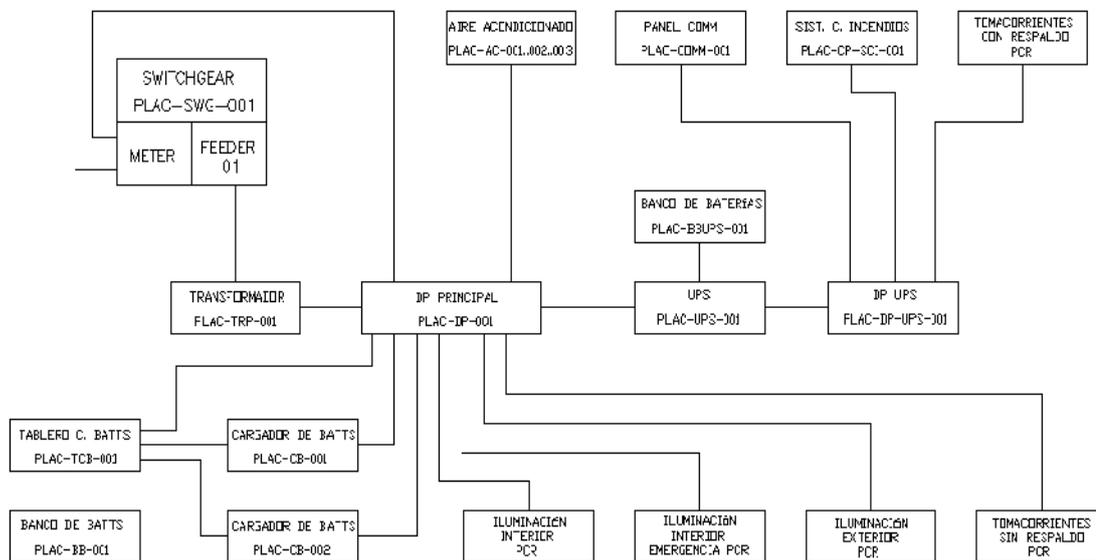
- a) Switchgear de media tensión en 13.8KV, acorde a la necesidad específica de una plataforma definida como estándar, esto es celda de ingreso de energía, celda de medición & protecciones y 10 celdas de salida con una capacidad de alimentar una carga promedio de 500KVA cada una.

- b) Sistema de respaldo de energía VDC, esto incluye tablero de control, regulador de baterías en redundancia y banco de baterías. La capacidad y características del sistema dependerán de la demanda de energía respaldada en VDC, que como función principal tendrá la alimentación del bloque de control del Switchgear.
- c) Sistema de respaldo de energía VAC, esto incluye UPS y banco de baterías. La capacidad y características del sistema dependerán de la demanda de energía respaldada en VAC, que como función principal tendrá atender los sistemas críticos y tomacorrientes de energía respaldada.
- d) Una de las celdas de salida del Switchgear debe alimentar un Transformador, el cual se ubicará fuera del PCR Contenerizado. La capacidad y características del Transformador dependerán de la demanda de energía de todos los servicios auxiliares y funcionalidades propias del PCR Contenerizado en operación normal.
- e) Panel de distribución para suministro de energía regular sin respaldo y Panel de distribución para suministro de energía regulada con respaldo. La capacidad y características de los paneles de distribución dependerán del análisis de cargas y de la demanda de energía a tomar de ellos, que como función principal tienen atender todos los servicios auxiliares y funcionalidades propias del PCR Contenerizado en operación normal.

- f) Sistema de iluminación interna, externa y de emergencia. Su diseño y características de los componentes e instalación estarán de acuerdo a las regulaciones aplicables a una Sala Eléctrica Contenerizada.
- g) Sistema de tomacorrientes regulares sin respaldo y tomacorrientes regulados con respaldo. Su diseño y características de los componentes e instalación estarán de acuerdo a las regulaciones aplicables a una Sala Eléctrica Contenerizada.
- h) Sistema automático de Detección y Extinción de Incendios, en base a FM200 o similar. Su diseño y características de los componentes e instalación estarán de acuerdo a las regulaciones aplicables a una Sala Eléctrica Contenerizada.
- i) Sistema de aire acondicionado, donde las unidades de aire acondicionado deben ser de tipo mochila y el sistema debe ser redundante. Su diseño, capacidades, características de componentes y proceso de instalación estarán de acuerdo a las regulaciones aplicables a una Sala Eléctrica Contenerizada.
- j) Tablero de comunicaciones básico, el cual permitirá consolidar señales de monitoreo y control de los equipos contenidos en el PCR y transmitirlos a un sistema de monitoreo de mayor nivel.
- k) Cables de fuerza, de control e instrumentación, cuyo dimensionamiento y características estarán en función de los requerimientos de los equipos y sistemas eléctricos integrados en el PCR.

- l) Sistema de puesta a tierra, tanto eléctrica como electrónica, debe poseer facilidades para integrar el sistema de tierra del PCR a la malla de tierra de la plataforma donde sea ubicado.
- m) Soportes de equipos, soportes de conduit, bandejas y ductos, así como rutas de bandejas porta cables, conduit y bandejas.
- n) De conformidad con el estándar de los bloques petroleros del país, el proceso de ingeniería, todo el equipamiento e instalación, deben apearse a las regulaciones y normas pertinentes. El equipamiento debe poseer las certificaciones y estar dentro de las marcas aprobadas por la industria petrolera ecuatoriana. Es importante implementar todos los sistemas asumiendo que el PCR Contenerizado es móvil, en tal motivo será sometido a traslados con una frecuencia media.
- o) A cada uno de los componentes del PCR debe asignársele un “Tag Name”, con el cual debe identificársele.
- p) Al interior del PCR debe incluirse señalización de seguridad para protección del personal.

La Figura 4.1. muestra la arquitectura estándar del PCR Contenerizado propuesto, mediante la cual se resume los equipos y sistemas eléctricos y de control que lo conforman, adicionalmente se propone los “Tag Name” de los elementos más representativos.

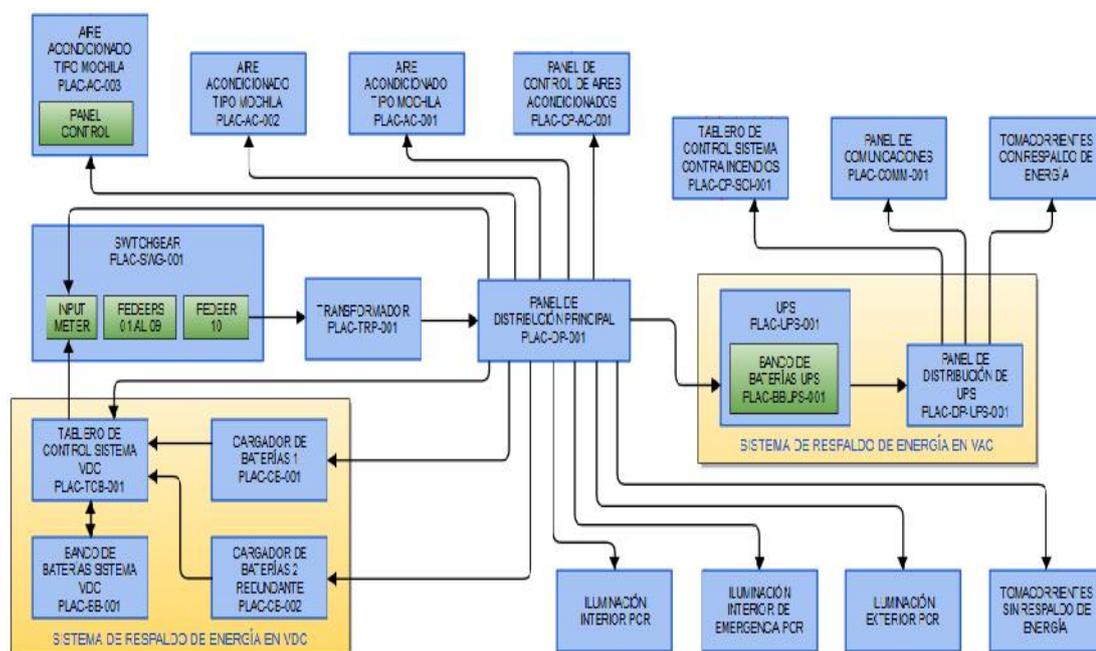


**Figura 4.1. Arquitectura PCR Contenerizado Estándar - Propuesta**

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

#### **4.1.2. PROTOTIPO Y PLANTEAMIENTO DE FILOSOFIA DE OPERACIÓN**

Con el análisis de los requerimientos técnicos de la Sala de Control Eléctrica Contenerizada es posible definir una propuesta que abarca los planteamientos que conforman las bases del proyecto, planteamientos que serán solventados a profundidad en la fase de ingeniería básica.



**Figura 4.2. Arquitectura de PCR Contenerizado para suministro de energía en media tensión para uso en plataformas petroleras**

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

#### 4.1.2.1. EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO

El cuarto eléctrico contará con dos tableros de distribución, desde donde se alimentará a todas las cargas internas.

Desde el tablero de distribución PLAC-DP-001 el cual dispone la capacidad de alimentar a cargas bifásicas y monofásicas (42 puntos) de 121/209.3V, se va proporcionar energía a los equipos de aire acondicionado PLAC-AC-001, PLAC-AC-002 y PLAC-AC-003, además alimentará los servicios auxiliares del PCR como iluminación y tomacorrientes.

La alimentación para este tablero será tomada desde la Celda # 10 de media tensión del PLAC-SWG-001 a través de un transformador tipo PAD MOUNTED de 75KVA de 13.8 KV @ 209.3V ubicado en el exterior del cuarto.

Desde el PLAC-DP-001 también se atiende la demanda de energía del UPS PLAC-UPS-001 de 2.5 KVA y de salida configurable a 121/209.3V.

El UPS brinda un sistema de energía regulada y con respaldo (autonomía), la cual se distribuirá hacia las cargas que requieren este tipo de energía desde tablero PLAC-DP-UPS001 de 4 KVA @ 209.3/121 V.

En la Tabla 4.1. se resumen las características de los paneles de distribución ubicados en el PCR.

**Tabla 4.1. Paneles de Distribución PLAC-DP-001 / PLAC-DP-UPS-001**

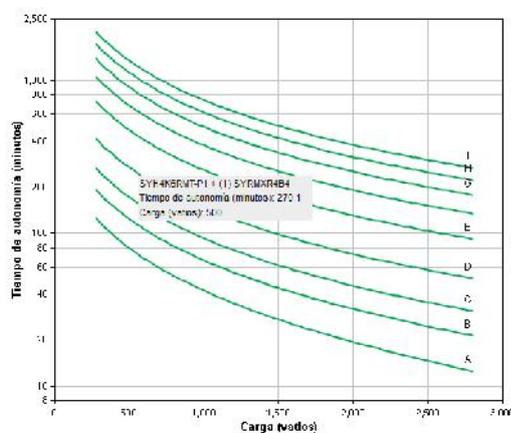
ÍTEM	ÁREA	TAG	DESCRIPCIÓN	FABRICANTE	MODELO
1	SALA ELÉCTRICA	PLAC-DP-001	PANEL DE DISTRIBUCIÓN 72 KVA, 209.3V, 3 $\phi$ , 4 hilos	EATON	EZT2042S
2	SALA ELÉCTRICA	PLAC-DP-UPS-001	PANEL DE DISTRIBUCIÓN 2.5KVA, 121/209.3 V, 1 $\phi$ , 4hilos	EATON	EZT2036S

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

Desde el tablero con respaldo de energía PLAC-DP-UPS-001 se energizará el Tablero de Comunicaciones PLAC-COMM-001 y al panel de control del sistema contra incendios PLAC-CP-SCI-001 para garantizar su permanente funcionamiento.

#### 4.1.2.2. RESPALDO DE ENERGÍA

El PLAC- UPS-50002 de 4 KVA @ 209.3/121V, cuenta un banco de baterías interno y un banco de baterías externo los cuales brindaran un respaldo de energía de 4 horas 30 minutos, conforme se muestra en la Figura 4.3. a una carga estimada de 500W en caso de que la energía principal llegara a fallar.



**Figura 4.3. UPS 4KVA 209.3/121VAC, Curva de Tiempo Vs. Carga**

**Fuente: (APC, 2012)**

En la Tabla 4.2. se presentan las principales características del PLAC-UPS-001.

**Tabla 4.2. Características UPS 4KVA 209.3/121VAC**

<b>TAG</b>	PLAC-UPS-001
<b>Modelo</b>	SYH4K6RMT-P1
<b>Fabricante</b>	APC
<b>Características</b>	
<b>Potencia de Salida</b>	2.800 Vatios / 4 KVA
<b>Máxima potencia configurable</b>	4.2 kW / 6 KVA
<b>Tensión de salida nominal</b>	121V,209.3V
<b>Entrada de voltaje</b>	209.3V
<b>Frecuencia de entrada</b>	45-65 Hz
<b>Puerto de interfaz</b>	DB-9 RS-232,SmartSlot/ RJ-45

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

#### **4.1.2.3. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO**

La proyección del PCR Contenerizado es que sea dividido en dos áreas: el cuarto de equipos eléctricos donde se instalarán las celdas de media tensión, el tablero de control del sistema contra incendios y el cuarto de baterías donde serán ubicados el tablero de comunicaciones, tableros de distribución, UPS con sus baterías, tablero cargador, cargadores de baterías con sus baterías.

Para mantener condiciones ambientales adecuadas, el cuarto de equipos contará con un sistema de aire acondicionado con redundancia del 100% para garantizar la confiabilidad de éste y asegurar la protección de los equipos.

Para el cuarto de baterías se instalará un aire acondicionado industrial de semi-precisión con el objetivo de asegurar que el área permanezca en óptimas condiciones ambientales para trabajo y protección de los equipos.

Para este diseño se ha considerado como temperatura ambiental óptima dentro del cuarto de equipos y baterías 22° C.

En la Tabla 4.3. se presenta el resumen de los equipos del sistema de aire acondicionado.

**Tabla 4.3. Descripción de Equipos de Aires Acondicionados**

ÍTEM	ÁREA	TAG	DESCRIPCIÓN	FABRICANTE	MODELO
1	CUARTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	PLAC-AC-001	Aire acondicionado tipo mochila para servicio industrial exterior	LIEBERT	INTELECOOL ET060
2	CUARTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	PLAC-AC-002	Aire acondicionado tipo mochila para servicio industrial exterior	LIEBERT	INTELECOOL ET060
3	CUARTO DE BATERÍAS	PLAC-AC-003	Aire acondicionado tipo mochila para servicio industrial exterior	LIEBERT	INTELECOOL ET024

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

#### 4.1.2.4. SISTEMA DE ILUMINACIÓN

El sistema de iluminación será diseñado para obtener los niveles de iluminación necesarios para el buen desempeño de las tareas a ejercer dentro del cuarto eléctrico, para ello se establece la distribución óptima de luminarias en cada una de las áreas de tal manera que se obtenga los niveles de iluminación recomendados según la norma API 540 “Electrical Installations in Petroleum Processing” sección 7.

En la Tabla 4.4. se presentan los niveles de iluminación seleccionados para el cuarto eléctrico.

**Tabla 4.4. Niveles de iluminación para cuartos eléctricos conforme API 540**

<b>NIVELES DE ILUMINACIÓN PARA PLANTAS INDUSTRIALES PETROLERAS</b>			
<b>AREA O ACTIVIDAD</b>	<b>ILUMINACIÓN HORIZONTAL</b>		<b>ELEVACIÓN</b>
	<b>LUX</b>	<b>CANDELAS-PIE</b>	<b>LOCACION MILIMETROS</b>
<b>CUARTOS DE CONTROL ELÉCTRICO</b>			
Tableros eléctricos (frente)	300	30	A nivel del piso
Tableros eléctricos (posterior)	300	30	A nivel del piso
<b>UNIDADES ESPECIALES DE PROCESO</b>			
Cuarto de baterías	50	5	A nivel del piso
Hornos eléctricos	50	5	A nivel del piso
Transportadores	20	2	A nivel de la superficie

**CONTINUA** 

Puntos de transferencia de transportadores	50	5	A nivel de la superficie
--	----	---	--------------------------

**Fuente: (American Petroleum Institute, 2014)**

Para la iluminación interna se utilizarán luminarias Sylvania con protección contra polvo y humedad; para iluminación exterior lámparas Crouse Hinds con protección Nema 4X, para emergencia se instalarán lámparas Sylvania con energía de respaldo de hasta 90 minutos y rótulos luminosos para indicar la ruta a las puertas de salida.

En la Tabla 4.5 se detallan los modelos de lámparas a instalar en el interior y exterior del cuarto eléctrico.

**Tabla 4.5. Descripción de lámparas para sistema de iluminación**

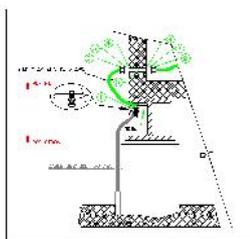
ÍTEM	ÁREA	DESCRIPCIÓN	FABRICANTE	MODELO
1	INTERIOR	Luminaria fluorescente 2x36W, 121V, 60 Hz, IP65	SYLVANIA	P33092-36
2	EXTERIOR	Lámparas de vapor de sodio de alta presión de 100W, Nema 4X	CROUSE HINDS	LMV2TW 100GGP/120
3	EMERGENCIA	Lámpara de emergencia 45W, 121V, 60 Hz	SYLVANIA	E45
4	EMERGENCIA	Rótulo salida, 50W, 121V, 60 HZ	SYLVANIA	E50

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

#### 4.1.2.5. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

El PCR cuenta con equipos eléctricos por lo que es indispensable diseñar un sistema de puesta a tierra independiente para proteger la vida útil de cada elemento.

En el PCR se tendrá un sistema de barras para tierra eléctrica donde se aterrizará los paneles de distribución, bandejas entre otros, estas barras deberán presentar facilidades para ser conectadas a la malla a tierra eléctrica general de la plataforma.



**Figura 4.4. Facilidades de integración de PCR Contenerizado a malla de tierra de plataforma**

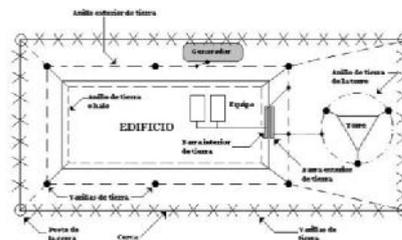
**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

Para aterrizar la estructura del cuarto eléctrico se dejará provisto de pernos de cabeza partida (Servit-Post) en los extremos de la estructura desde donde se deberá conectar a la malla a tierra de la estación.

Es posible que el PCR sea ubicado en áreas con presencia de descargas atmosféricas, por lo que se instalará un complementario, un sistema de protección (pararrayos), que consta de un anillo interno de cobre ubicado a 15cm del techo del

cuarto conocido como HALO (Huete, 2008). El HALO, sistema de anillo interior consiste de cable calibre # 2AWG, con aislante color verde, puesto alrededor del perímetro del área a cubrir, el cual funciona como un blindaje de Faraday. Al conectar las cuatro esquinas del anillo interior al anillo exterior de tierra, este funcionará como un plano de tierra invertido para bloquear los campos inducidos por las descargas atmosféricas. El HALO debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) Instalarse aproximadamente 15cm por debajo del techo interior de la estructura.
- b) La barra principal de tierra se conecta al anillo exterior de tierra.



**Figura 4.5. Sistema de tierra con anillo interior HALO**

**Fuente: (Huete, 2008)**

#### **4.1.2.6. SISTEMA CONTRA INCENDIOS**

El cuarto de equipos eléctricos contará con un sistema contra incendios basado en el agente extintor FM-200, el cual estará provisto de detectores de humo

fotoeléctricos, luz estroboscópica con sirena, estación de desactivación y de descarga.

El cuarto de baterías por tener una menor área contará con detectores de humo fotoeléctricos, luz estroboscópica con sirena, estación de desactivación y una de descarga.

Cada cuarto contará con su propio sistema de descarga, el cual consta del tanque de FM-200 conectado mediante tubería de acero a las toberas ubicadas en cada área, los tanques liberaran el agente cuando el tablero de control inteligente envíe una señal a la solenoide que controla la descarga. Adicionalmente los tanques cuentan con mecanismos de activación manual.

Los tanques de FM-200 serán instalados en el área de descarga ya que su ubicación debe ser lo más cercana posible al área de protección de acuerdo a la norma NFPA 2001.

El panel de control del sistema contra incendios PLAC-CP-SCI-001 será ubicado en el cuarto de equipos, desde donde recibirá las señales de los detectores de humo, estaciones de aborto y estaciones de descarga para enviar las señales de acción correspondientes hacia la campana de alarma sonora, luces estroboscópicas y solenoides de los tanques de FM-200.

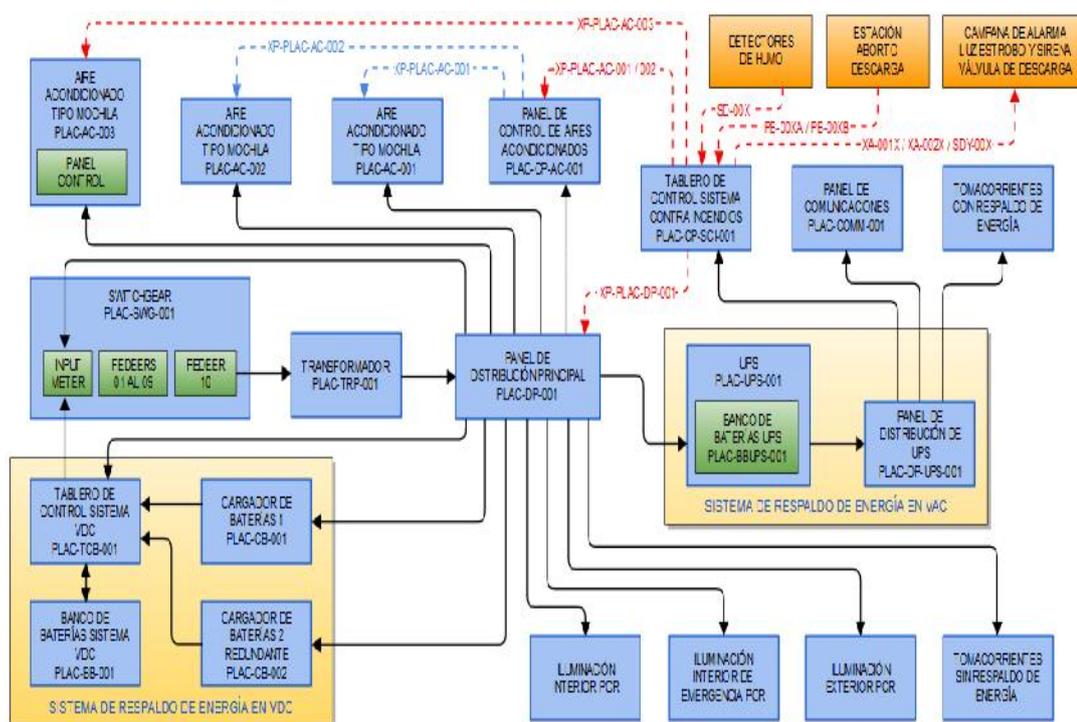
Cuando el sistema de descarga se active, el panel de control del sistema contra incendios PLAC-CP-SCI-001 enviará una señal al tablero de distribución principal PLAC-DP-001, generando una lógica de parada de emergencia.

Después de que el sistema haya completado su ciclo se puede restablecer las condiciones normales del sistema desde el tablero de control, presionando el botón de ACK y RESET, con lo que los aires acondicionados volverán a su funcionamiento habitual.

Todo el cableado del sistema contra incendios se realizará a través de Conduit tipo IMC de ¾". Adicionalmente en cada área se instalará un extintor de CO<sub>2</sub> de 10 libras.

#### **4.1.2.7. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN**

El cuarto de control cuenta con señales de control y monitoreo que se enviarán al tablero del sistema contra incendios para activar las acciones correspondientes al sistema.



**Figura 4.6. Arquitectura de PCR Contenerizado para suministro de energía en media tensión para uso en plataformas petroleras y Criterio de operación**

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

El principal equipo del cuarto eléctrico es el Swichgear PLAC-SWG-001 de media tensión conformado por 10 Celdas Output, 1 Celda de Input y Celdas de medición y protecciones. El PLAC-SWG-001 será instalado en el cuarto de equipos eléctricos, en el diseño se ha dispuesto un sistema de bandejas eléctricas y bandejas para control las cuales desembocan en dos pasa-muros para ingreso o salida de cables hacia el exterior del PCR

La alimentación VDC del SWG será tomada del sistema VDC con respaldo de energía, ubicado en el cuarto de baterías del PCR. Este sistema está conformado

por un tablero de control para el cargador, dos cargadores de baterías y un banco de baterías DC, los cuales proporcionarán 125VDC requeridos para el sistema de control y servicios auxiliares del Switchgear.

El sistema contra incendios constará de detectores fotoeléctricos distribuidos en dos áreas, cuarto de equipos eléctricos y cuarto de baterías, cuando uno de éstos actúe causará una alarma en el panel del SCI y enviará una señal para apagar los aires acondicionados PLAC-AC-001, PLAC-AC-002 y PLAC-AC-003 y adicionalmente activará las sirenas con luz según el área de detección.

La señal para apagar los aires acondicionados llegará hasta la tarjeta de control dual del panel de control de aires acondicionados PLAC-CP-AC-001, desde la cual se comanda los aires PLAC-AC-001 y PLAC-AC-002. Esta señal llegará también a la tarjeta de control simple del aire acondicionado PLAC-AC-003, para apagarlo.



**Figura 4.7. “Control Dual” de Aires Acondicionados PLAC-CP-AC-001**

**Fuente: (Protecompu, 2014)**

Si llega a activarse un segundo detector se considerará un incendio clase C, (Empresa Municipal - Cuerpo de Bomberos Ambato, 2011), y el panel del SCI

entrará en un estado de alarma y liberará el agente extintor, adicionalmente enviará una señal al tablero de distribución el PLAC-DP-001 el cual se apagará mediante el Trip Remoto, dejando sin energía a los equipos eléctricos dependientes del cuarto.

Cuando se genere alarma por uno o varios detectores de humo se activarán a más de las luces estroboscópicas, la campana vibrante, que deberá ubicarse en el exterior del PCR, para informar al personal de operaciones.

El sistema contra incendios se puede activar manualmente con las estaciones manuales de descarga PB-00XB o directamente desde el mecanismo del tanque de FM-200. También se puede interrumpir la activación del sistema desde las estaciones de aborto PB-00XA. El tiempo que se dispone para cancelar la activación del sistema de descarga mediante la estación de aborto manual es configurable, el estándar es de 30 segundos, tiempo durante el cual el panel de control estará en estado de alarma de incendio tipo C, antes de iniciar la descarga del FM-200. Al agente extintor le toma 9,9 segundos esparcirse en toda el área a proteger.

La Tabla 4.6. presenta las señales de control (In/Out) relativas al sistema de detección y extinción de incendios.

**Tabla 4.6. Señales de control (In/Out) del Sistema Contra Incendios**

SEÑAL	DESCRIPCIÓN	PANEL DE CONTROL
SD_001	DETECTOR DE HUMO 1	PLAC-CP-SCI-001
XA_001	CAMPANA DE ALARMA VIBRANTE 1	PLAC-CP-SCI-001

**CONTINUA** 

XA_002	LUZ ESTROBO Y SIRENA 1	PLAC-CP-SCI-001
PB_001A	ESTACION DE DESACTIVACIÓN 1	PLAC-CP-SCI-001
PB_001B	ESTACION DE DESCARGA 1	PLAC-CP-SCI-001
SDY_001	VÁLVULA DE SISTEMA DE DESCARGA CUARTO DE EQUIPOS	PLAC-CP-SCI-001
SDY_002	VÁLVULA DE SISTEMA DE DESCARGA CUARTO DE BATERÍAS	PLAC-CP-SCI-001
XP_PLAC_AC_001	APAGADO POR ALARMA DE INCENDIO PLAC-AC-001	PLAC-CP-SCI-001
XP_PLAC_AC_002	APAGADO POR ALARMA DE INCENDIO PLAC-AC-002	PLAC-CP-SCI-001
XP_PLAC_AC_003	APAGADO POR ALARMA DE INCENDIO PLAC-AC-003	PLAC-CP-SCI-001
XP_PLAC-DP-001	APAGADO POR CONFIRMACIÓN DE INCENDIO PLAC-DP-001	PLAC-CP-SCI-001

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

Para los siguientes elementos: detectores de humo, campana de alarma vibrante, luz estrobo y sirena, estación de aborto, estación de descarga, mediante la Tabla 4.6. se ha dado el Identificativo de señal del primer elemento, una vez dimensionado el sistema y de existir mayor cantidad de elementos similares, se le debe asignar el secuencial, por ejemplo, el segundo detector de humo debe tener el Identificativo SD\_002.

Como variables de operación propias del PCR se tiene la temperatura de las áreas de trabajo, que son el cuarto de equipos y el cuarto de baterías.

Una elevada temperatura ambiental puede llegar a causar daños en los equipos eléctricos por lo que se recomienda que el rango de temperatura para el funcionamiento correcto de los equipos eléctricos y electrónicos es de 15 a 25°C,

mientras que para áreas de trabajo normalmente ocupadas por personas el rango de temperatura debe estar entre 17 a 27°C. Para cumplir con las recomendaciones mencionadas se ha dispuesto que la temperatura para el área de equipos y área de baterías sea de 22 °C.

## **4.2. INGENIERÍA BÁSICA**

Por medio de la ingeniería básica se genera el conjunto de documentos de ingeniería con definiciones, diseños, cálculos de los procesos principales, implantación y especificaciones de sistemas y equipos mayores. Adicionalmente, se incluyen bases y criterios de diseño, arquitecturas, definición de requerimientos funcionales definitivos y complementos.

### **4.2.1. SOPORTE MECÁNICO, CIVIL Y ARQUITECTÓNICO**

En el proceso de ingeniería del PCR Contenerizado se contempla un trabajo multidisciplinario, en las áreas Eléctrica, Mecánica, Civil, Control, Instrumentación y Telecomunicaciones. Cada una de estas disciplinas están relacionadas y son dependientes una de otra, por ejemplo el área mecánica debe conocer los pesos y características de los equipos que el PCR contendrá para establecer el diseño estructural del mismo, del mismo modo el área eléctrica debe condicionar los requerimientos técnicos que cada uno de los equipos eléctricos y electrónicos requieren (ventilación, distancia hacia paredes, condiciones de anclaje, etc.), para en

función de ello conjuntamente con el área mecánica y civil, establecer las características constructivas del PCR y definir una planta con ubicación de equipos, como también definir terminados arquitectónicos que además de estéticos, sean funcionales y técnicamente aceptables.

Conociendo este antecedente, para el desarrollo de la ingeniería en las disciplinas eléctrica, control e instrumentación, se hace necesario tener en cuenta ciertos documentos de ingeniería de las áreas mecánica y civil como soporte y base del proceso de ingeniería, motivo de este proyecto.

Los documentos relevantes de las áreas civil y mecánica y que son influyentes dentro de las áreas, eléctrica, control e instrumentación, son listados a continuación y se traerán al presente proyecto a manera de Anexos.

- a) Anexo Q - Plano General de Implantación y Distribución de Equipos.
- b) Anexo R - Memoria de Cálculo Estructural.
- c) Anexo S - Plano Arquitectónico, Vistas y Elevaciones
- d) Anexo T - Plano Arquitectónico, Detalles Interiores.

#### **4.2.2. DESARROLLO DE LISTA DE EQUIPOS**

Del análisis del prototipo concebido para el PCR Contenerizado conforme la Sección 4.1.2. del presente proyecto, así como de la arquitectura propuesta mediante

la Figura 4.6., se concluye en la lista de equipos que conforman el PCR, los cuales son los más representativos dentro de la funcionalidad del sistema global. La Tabla 4.7. hace un levantamiento de cada uno de los equipos eléctricos con sus características principales y la Tabla 4.8. hace un levantamiento de cada uno de los equipos de control e instrumentación con sus características principales.

**Tabla 4.7. Lista de Equipos Eléctricos de PCR Contenerizado**

ITEM	REV	TAG No.	DESCRIPCION	SERVICIO	UBICACION	ALIMENTACIÓN	TABLERO / TRAF0/ SWG	MODELO	FABRICANTE
<b>LISTA DE EQUIPOS</b>									
1	0	PLAC-TRP-001	PADMOUNTED	ALIMENTACION TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL PLAC-DP-001	EXTERNO (PLAC)	13800/ 208-120 VAC	PLAC-SWG-001	P3075070125A	ECUATRAN
2	0	PLAC-DP-001	PANEL DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL	PANEL DE ALIMENTACION PRINCIPAL	CUARTO DE BATERÍAS	208 V, 120 V, 3ø	PLAC-TRP-001	-	EATON / CUTTLER HAMMER
3	0	PLAC-DP-UPS-001	PANEL DE DISTRIBUCIÓN UPS	PANEL DE ALIMENTACION CON RESPALDO DE ENERGIA	CUARTO DE BATERÍAS	208 V, 120 V, 2ø	PLAC-UPS-001	-	EATON / CUTTLER HAMMER
4	0	PLAC-UPS-001	UPS	UPS	CUARTO DE BATERÍAS	208 V, 2ø	PLAC-DP-001	SYH4K6RMT-P1	APC
5	0	-	TABLERO CARGADOR DE BATERÍAS	TABLERO PARA CARGAR LAS BATERÍAS	CUARTO DE BATERÍAS	208 V, 3ø	PLAC-DP-001	-	TCONTROL
6	0	-	CARGADOR DE BATERÍAS 1	CARGA DE BATERÍAS	CUARTO DE BATERÍAS	208 V, 2ø	PLAC-DP-001	AT-30	MDS POWER
7	0	-	CARGADOR DE BATERÍAS 2	CARGA DE BATERÍAS	CUARTO DE BATERÍAS	208 V, 2ø	PLAC-DP-001	AT-30	MDS POWER
8	0	-	BANCO DE BATERÍAS	ALIMENTACION DE RESPALDO	CUARTO DE BATERÍAS	125 VDC	-	-	-
9	0	PLAC-AC-001	UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO 1	AIRE ACONDICIONADO	CUARTO ELÉCTRICO	208 V, 3ø	PLAC-DP-001	ET060	LIEBERT
10	0	PLAC-AC-002	UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO 2	AIRE ACONDICIONADO	CUARTO ELÉCTRICO	208 V, 3ø	PLAC-DP-001	ET060	LIEBERT
11	0	PLAC-AC-003	UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO 3	AIRE ACONDICIONADO	CUARTO DE BATERÍAS	208 V, 3ø	PLAC-DP-001	ET024	LIEBERT
12	0	PLAC-COMM-001	TABLERO DE COMUNICACIONES	TABLERO DE COMUNICACIONES	CUARTO DE BATERÍAS	120 V, 1ø	PLAC-DP-UP-001	A363612LP	HOFFMAN
13	0	PLAC-CP-SCI-001	TABLERO SISTEMA EXTINCIÓN DE FUEGO	SISTEMA CONTRA INCENDIOS	CUARTO ELÉCTRICO	120 V, 1ø	PLAC-DP-UP-001	Micro SLX	CHEMETRON
14	0	PLAC-SWG-001	SWITHCGEAR	SWITHCGEAR	CUARTO ELÉCTRICO	13,8 KV, 3ø	-	UNIGEAR	ABB

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

Tabla 4.8. Lista de elementos de Instrumentación de PCR Contenerizado

ITEM	REV	TAG	UBICACION	DESCRIPCION	SERVICIO	SEÑAL	RANGO	PANEL DE CONTROL	MODELO	FABRICANTE
<b>LISTA DE EQUIPOS</b>										
1	0	SD-001	CUARTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	DETECTOR FOTOELÉCTRICO	SENSOR DE HUMO	DI	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101348	CHEMETRON
2	0	SD-002	CUARTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	DETECTOR FOTOELÉCTRICO	SENSOR DE HUMO	DI	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101348	CHEMETRON
3	0	SD-003	CUARTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	DETECTOR FOTOELÉCTRICO	SENSOR DE HUMO	DI	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101348	CHEMETRON
4	0	SD-004	CUARTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	DETECTOR FOTOELÉCTRICO	SENSOR DE HUMO	DI	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101348	CHEMETRON
5	0	SD-005	CUARTO DE BATERÍAS	DETECTOR FOTOELÉCTRICO	SENSOR DE HUMO	DI	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101348	CHEMETRON
6	0	SD-006	CUARTO DE BATERÍAS	DETECTOR FOTOELÉCTRICO	SENSOR DE HUMO	DI	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101348	CHEMETRON
7	0	XA-001	CUARTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	SIRENA CON LUZ ESTROBO	ALARMA AUDIBLE-VISUAL SCI	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	EXCEDER - HSR	Cooper-Wheelock
8	0	XA-002	CUARTO DE BATERÍAS	SIRENA CON LUZ ESTROBO	ALARMA AUDIBLE-VISUAL SCI	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	EXCEDER - HSR	Cooper-Wheelock
9	0	XA-003	EXTERIOR	ALARMA VIBRANTE	ALARMA AUDIBLE SCI	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	439D-6AW	EDWARDS SIGNALING
10	0	PB-001A	CUARTO DE BATERÍAS	ESTACIÓN DE DESCARGA	ESTACIÓN DE DESCARGA	DI	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	Estación de descarga	CHEMETRON
11	0	PB-001B	CUARTO DE BATERÍAS	ESTACIÓN DE ABORTO	ESTACIÓN DE ABORTO	DI	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	Estación de aborto	CHEMETRON
12	0	PB-002A	CUARTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	ESTACIÓN DE DESCARGA	ESTACIÓN DE DESCARGA	DI	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	Estación de descarga	CHEMETRON
13	0	PB-002B	CUARTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	ESTACIÓN DE ABORTO	ESTACIÓN DE ABORTO	DI	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	Estación de aborto	CHEMETRON
14	0	SDY-001	CUARTO ELÉCTRICO	SOLENOIDE	APERTURA - CIERRE SISTEMA DE DESCARGA	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	Series Gamma 250	CHEMETRON
15	0	SDY-002	CUARTO DE BATERÍAS	SOLENOIDE	APERTURA - CIERRE SISTEMA DE DESCARGA	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	Series Beta 55	CHEMETRON
<b>ACCESORIOS</b>										
16	0	MM-001	CUARTO DE BATERÍAS	MÓDULO DE MONITOREO	MÓDULO DE MONITOREO PB-001A	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101355	CHEMETRON
17	0	MM-001	CUARTO DE BATERÍAS	MÓDULO DE MONITOREO	MÓDULO DE MONITOREO PB-001B	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101355	CHEMETRON
18	0	MM-001	CUARTO DE BATERÍAS	MÓDULO DE MONITOREO	MÓDULO DE MONITOREO PB-002A	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101355	CHEMETRON
19	0	MM-001	CUARTO DE BATERÍAS	MÓDULO DE MONITOREO	MÓDULO DE MONITOREO PB-002B	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101355	CHEMETRON
20	0	MA-001	CUARTO DE BATERÍAS	MODULO AISLADOR	MÓDULO AISLADOR CUARTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101362	CHEMETRON
21	0	MA-002	CUARTO DE BATERÍAS	MODULO AISLADOR	MÓDULO AISLADOR CUARTO DE BATERÍAS	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101362	CHEMETRON
22	0	MC-001	CUARTO DE BATERÍAS	MODULO DE CONTROL	MÓDULO DE CONTROL CUARTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101361	CHEMETRON
23	0	MC-002	CUARTO DE BATERÍAS	MODULO DE CONTROL	MÓDULO DE CONTROL CUARTO DE BATERÍAS	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101361	CHEMETRON
24	0	MD-001	CUARTO DE BATERÍAS	MODULO DE DESCARGA	MÓDULO DE DESCARGA CUARTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	C65-238	CHEMETRON
25	0	MD-002	CUARTO DE BATERÍAS	MODULO DE DESCARGA	MÓDULO DE DESCARGA CUARTO DE BATERÍAS	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101361	CHEMETRON
26	0	MR-001	CUARTO ELÉCTRICO	MÓDULO RELÉ	RELÉ AIRES CUARTO ELÉCTRICO	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101359	CHEMETRON
27	0	MR-002	CUARTO ELÉCTRICO	MÓDULO RELÉ	RELÉ AIRES CUARTO ELÉCTRICO	DO	24VDC	PLAC-CP-SCI-001	70101458	CHEMETRON

Fuente: (PIL S.A. , 2014)

Es importante notar que la lista de equipos tuvo una fase inicial sin marcas ni modelos, solo con parámetros eléctricos, fruto del análisis de cada uno de los componentes del PCR se concluye en una propuesta, la cual ya se ve reflejada en las Tablas mostradas.

#### **4.2.3. DISEÑO DE ILUMINACION INTERNA, EXTERNA Y DE EMERGENCIA**

Mediante el diseño del sistema de iluminación del PCR Contenerizado se pretende establecer la cantidad de luminarias requeridas para obtener los niveles de iluminación necesarios para el buen desempeño de las tareas en el Cuarto Eléctrico, además de establecer la distribución óptima de luminarias en cada una de las áreas y obtener los niveles de iluminación recomendados.

De inicio es importante tener presentes las siguientes definiciones:

- a) **Illuminancia (E):** Es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie por unidad de área, se mide en [Lux].
- b) **Lumen:** Unidad de flujo luminoso del Sistema Internacional. Es el flujo luminoso emitido con una unidad de ángulo sólido por una fuente puntual que tiene una intensidad luminosa de una candela.
- c) **Lux:** Unidad de iluminancia del Sistema Internacional. Un lux equivale a un lumen por metro.

d) **Candela:** La candela es la intensidad luminosa en una dirección dada.

Los niveles de iluminación recomendados para el área de trabajo están basados en los estándares internacionales aprobados por la Norma API 540 “Electrical Installations in Petroleum Processing” Sección 7, Tabla 4 (Illuminances Currently Recommended for Petroleum, Chemical, and Petrochemical Plants).

**Tabla 4.9. Niveles de iluminación para plantas industriales petroleras**

AREA O ACTIVIDAD	ILUMINACION HORIZONTAL		ELEVACION	
	LUX	PIE	LOCACION	MM
<b>AREAS DE PROCESO</b>				
<b>UNIDADES DE PROCESO</b>				
Bombas, válvulas, arreglos de tuberías	50	5	En tierra	
Intercambiadores de Calor	30	3	En tierra	
Plataformas de mantenimiento	10	1	A nivel del piso	
Plataformas de operación	10	5	A nivel del piso	
Torres de enfriamiento	50	5	En tierra	
Hornos	30	3	En tierra	
Escaleras (inactiva)	10	1	A nivel del piso	
Escaleras (activa)	50	5	A nivel del piso	
Mirillas de medición	50 *	5*	A nivel del piso	
Instrumentos ( en unidades de proceso)	50 *	5*	A nivel del piso	
Compresores	200	20	A nivel del piso	
Separadores	50	5	A nivel de la superficie	
Área general	10	1	En tierra	
<b>CUARTOS DE CONTROL</b>				
Cuarto de control Ordinario	300	30	A nivel del piso	
Panel de instrumentos	300 *	30*		1.700



Consolas				760
Parte posterior del panel				760
Cuarto de Control Central	500*	50*	A nivel del piso	
Panel de Instrumentos	500*	50*		1.700
Consolas	500*	50*		760
Parte posterior del panel	100*	10*		900
<b>CUARTOS DE CONTROL ELÉCTRICO</b>				
Tableros eléctricos (frente)	300	30	A nivel del piso	
Tableros eléctricos (posterior)	300	30	A nivel del piso	
<b>UNIDADES ESPECIALES DE PROCESO</b>				
Cuarto de baterías	50	5	A nivel del piso	
Hornos eléctricos	50	5	A nivel del piso	
Transportadores	20	2	A nivel de la superficie	
Puntos de transferencia de transportadores	50	5	A nivel de la superficie	
Hornos de secado (área operativa)	50	5	A nivel del piso	
Exprimidor y mezcladores	200	20	A nivel del piso	

(\*) Iluminación elevada

**Fuente: (American Petroleum Institute, 2014)**

#### **4.2.3.1. DIMENSIONAMIENTO DE LUMINARIAS**

Los cálculos del sistema de iluminación se realizan con el programa LUXICON versión 2.5.25 (Crouse Hinds - Luxicon, 2012), sobre cada uno de los ambientes que conforman el PCR, que son el cuarto de equipos y el cuarto de baterías. Las dimensiones de los cuartos en mención están detalladas mediante el Anexo Q - Plano General de Implantación y Distribución de Equipos.

En el programa Luxicon se ingresan los siguientes parámetros:

**AREA 1 (Cuarto de equipos eléctricos):**

- a) **Dimensiones:** 9.79 x 4m – De conformidad con las dimensiones de Anexo Q.
- b) **Altura de diseño:** 3.2m – De conformidad con la altura de Anexo Q y recomendaciones de la Sección 3.5.7.
- c) **Nivel de iluminación requerido:** 300 lúmenes (30 fc) – De conformidad con la Tabla 4.8.

**AREA 2 (Cuarto de baterías):**

- a) **Dimensiones:** 2.06 x 4m – De conformidad con las dimensiones de Anexo Q.
- b) **Altura de diseño:** 3.2m – De conformidad con la altura de Anexo Q y recomendaciones de la Sección 3.5.7.
- c) **Nivel de iluminación requerido:** 50 lúmenes (50 fc) – De conformidad con la Tabla 4.8.

Posteriormente se selecciona el tipo de lámpara a utilizar y el programa proporciona la cantidad y ubicación de las lámparas. Este análisis es fundamental para el cumplimiento de los parámetros de iluminación, exigidos por las normas detalladas en la Sección 3.5.7.

Después de realizados los cálculos, se obtienen los siguientes resultados:

Para el AREA 1: Cuarto de equipos eléctricos.

**Tabla 4.10. Resultados de cálculos de iluminación AREA 1**

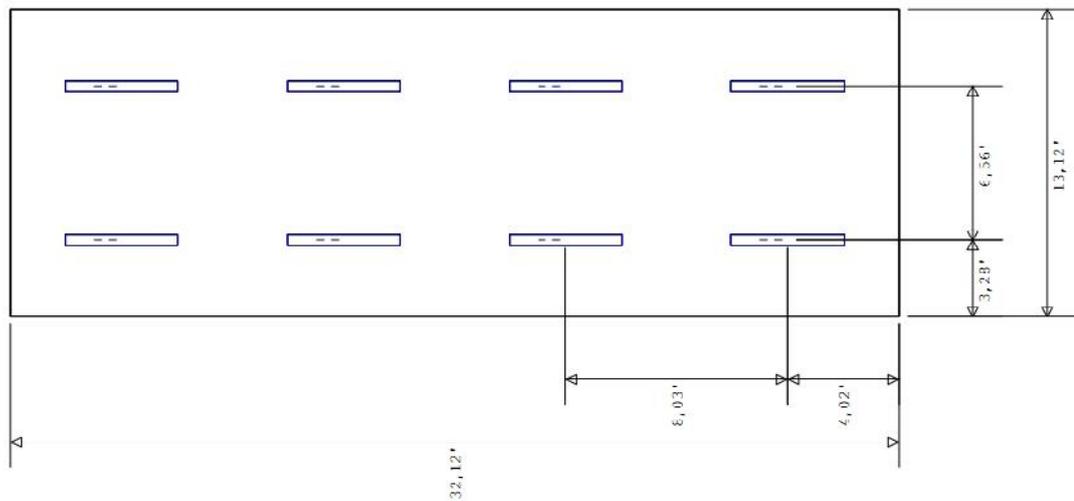
<b>PROMEDIO DE ILUMINANCIA OBTENIDO</b>	35,93 fc
<b>UNIDAD DE DENSIDAD DE POTENCIA</b>	1.10W/sq. ft
<b>NUMERO DE FILAS</b>	4
<b>NUMERO DE COLUMNAS</b>	2
<b>SEPARACION ENTRE FILAS</b>	8,03 ft
<b>DISTANCIA ENTRE COLUMNAS</b>	6,56 ft
<b>TOTAL DE LUMINARIAS</b>	8

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

La hoja de resultados del cálculo para el ÁREA 1, con el programa LUXICON, es la siguiente:

<u>Results (Layout 1)</u>		
Average Illuminance Obtained:	35,93 fc(avg)	# of Rows: 4
Unit Power Density (UPD):	1,10 W/sq. ft.	Row Spacing: 8,03
Spacing Criteria:	Acceptable	# of Cols: 2
		Col. Spacing 6,56
<i>8 luminaires provide 35,93 fc (avg). 1,10 W/sq. ft. meets target UPD of 1,2 W/sq. ft.</i>		

<u>Room Characteristics</u>		
Dimensions:	X: 13,12 ft	Reflectances: Ceiling: 0,8
	Y: 32,12 ft	Walls: 0,5
	Z: 10,50 ft	Floor: 0,2
		Work Plane Height: 0,00 ft
		Target UPD: 1,10 W/sq. ft.
		Target Illuminance: 30,00 fc(avg)
<u>Luminaire Characteristics</u>		
Luminaire Description:	Metalux Industrials V12-232DR	
Suspension Length	0,00 ft	CU: 0,42
Light Loss Factor:	0,80	
Lamp Description	Lamp data from photometry.	
Lamps/Luminaire	2	Lamp Lumens: 2850 lms
Lamp Life:	0	
Ballast:		
Ballast Factor:	1	



**Figura 4.8. Hoja de resultados Luxicon – AREA 1**

**Fuente: (Crouse Hinds - Luxicon, 2012)**

**Para el AREA 2: Cuarto de baterías.**

**Tabla 4.11. Resultados de cálculos de iluminación AREA 2**

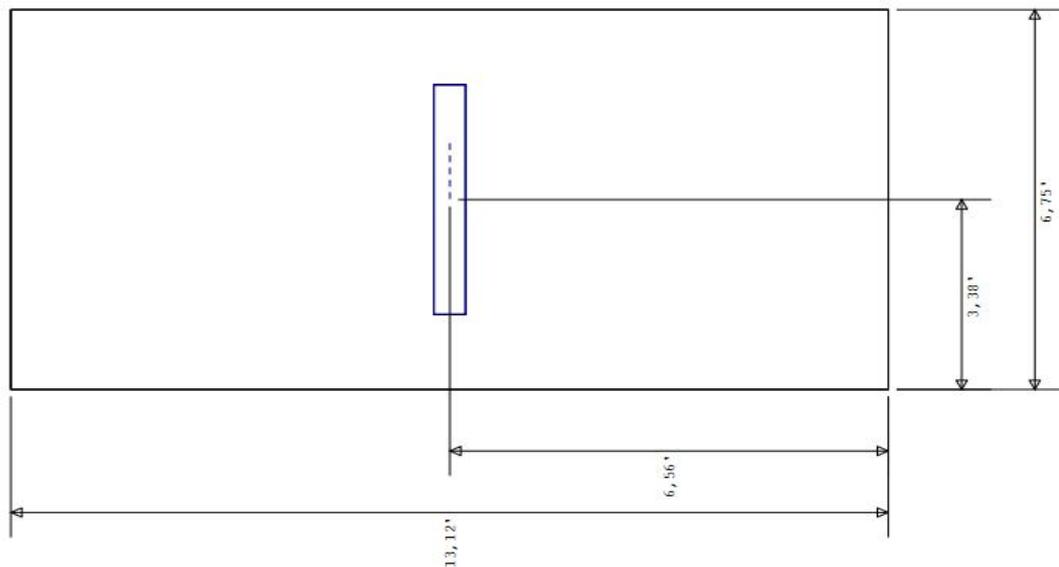
PROMEDIO DE ILUMINANCIA OBTENIDO	12,34 fc
UNIDAD DE DENSIDAD DE POTENCIA	0,66 w/sq. ft
NÚMERO DE FILAS	1
NUMERO DE COLUMNAS	1
SEPARACIÓN ENTRE FILAS	0 ft
DISTANCIA ENTRE COLUMNAS	0 ft
TOTAL DE LUMINARIAS	1

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

La hoja de resultados del cálculo para el ÁREA 2, con el programa LUXICON, es la siguiente:

<u>Results (Layout 1)</u>			
Average Illuminance Obtained:	12,34 fc(avg)	# of Rows:	1
Unit Power Density (UPD):	0,66 W/sq. ft.	Row Spacing:	0,00
Spacing Criteria:	N/A for one lum.	# of Cols:	1
		Col. Spacing:	0,00
<i>1 luminaires provide 12,34 fc (avg). 0,66 W/sq. ft. meets target UPD of 1,2 W/sq. ft.</i>			

<u>Room Characteristics</u>			
Dimensions:	X: 6,75 ft	Reflectances: Ceiling:	0,8
	Y: 13,12 ft	Walls:	0,5
	Z: 10,50 ft	Floor:	0,2
		Work Plane Height:	0,00 ft
		Target UPD:	0,66 W/sq. ft.
		Target Illuminance:	5,00 fc(avg)
<u>Luminaire Characteristics</u>			
Luminaire Description:	Metalux Industrials VT2-232DR		
Suspension Length:	0,00 ft	CU:	0,24
Light Loss Factor:	0,80		
Lamp Description:	Lamp data from photometry.		
Lamps/Luminaire:	2	Lamp Lumens:	2850 lms
Lamp Life:	0		
Ballast:			
Ballast Factor:	1		



**Figura 4.9. Hoja de resultados Luxicon – AREA 2**

**Fuente: (Crouse Hinds - Luxicon, 2012)**

#### 4.2.3.2. ESPECIFICACIÓN DE LUMINARIAS

De acuerdo a las características de las luminarias sugeridas por los cálculos del programa Luxicon, la lámpara aplicable es el modelo P33092-36 de marca Sylvania, y debe instalarse a una altura que está entre 3m y 3.2m.



**Figura 4.10. Lámpara P33092-36 Sylvania**

**Fuente: (Sylvania, 2012)**

**Tabla 4.12. Especificación de lámpara para interior del PCR**

Ítem	Descripción	Características
1	Fabricante	SYLVANIA
2	Tipo de Luminaria	Interior
3	Descripción	P33092-36
4	Factor de Potencia	0,98
5	Consumo de Potencia	2x32W
6	Lúmenes por Lámpara	2850 Lúmenes
7	Tipo de Lámpara	Fluorescente
8	Dimensiones	(L,A,H en mm)(1276,104,94 )
9	Voltaje de alimentación	121 V

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

Para la iluminación exterior del cuarto de eléctrico, siendo consecuentes con las recomendaciones técnicas del estándar detallado en la Sección 3.5.7, se ha considerado la instalación de dos lámparas de vapor de sodio de alta presión de

100W c/u, marca Crouse-Hinds serie LMV, código LMV2TW100GGP/120. Éstas deben instalarse a una altura que está entre 2.5m y 2.7m.



**Figura 4.11. Lámpara LMV2TW100GGP/120 Crouse Hinds**

**Fuente: (Crouse Hinds, 2014)**

**Tabla 4.13. Especificación de lámpara para exterior del PCR**

Item	Descripción	Características
1	Fabricante	Crouse-Hinds
2	Tipo de Luminaria	Exterior
3	Descripción	LMVS2TW100GP/120
4	Factor de Potencia	0,9
5	Consumo de Potencia	100W
6	Tipo de Lámpara	Vapor de sodio
7	Voltaje de alimentación	121V

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

Para iluminación de emergencia, para ser consecuentes con las recomendaciones técnicas del estándar detallado en la Sección 3.5.7, se instalarán tres luminarias de emergencia de marca Sylvania, modelo E45, cada una acompañada de un letrero de “Salida” modelo E-50, ubicados dos en el cuarto de equipos eléctricos y uno en el cuarto de equipos en la salida de emergencia. La altura de instalación está entre 2.5m y 2.7m.



**Figura 4.12. Lámpara de emergencia E45 Sylvania**

**Fuente: (Sylvania, 2013)**

**Tabla 4.14. Especificación de lámpara de emergencia del PCR**

Item	Descripción	Características
1	Fabricante	Sylvania
2	Tipo de Luminaria	Emergencia
3	Descripción	E45
4	Tiempo de respaldo	90 minutos
5	Consumo de Potencia	45 W
6	Voltaje de alimentación	Voltaje Dual 121V/209.3V 60Hz

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**



**Figura 4.13. Lámpara de salida E50 Sylvania**

**Fuente: (Sylvania, 2013)**

**Tabla 4.15. Especificación de lámpara de salida del PCR**

Item	Descripción	Características
1	Fabricante	Sylvania
2	Tipo de Luminaria	Emergencia

**CONTINUA**

3	Descripción	E50
4	Tiempo de respaldo	90 minutos
5	Voltaje de alimentación	Voltaje Dual 121V/209.3V 60Hz

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

Ya con los parámetros eléctricos definidos para las lámparas del PCR, conforme análisis de cargas, se establece el tipo y capacidad de breakers desde los cuales se provee energía a los circuitos de iluminación.

Como conclusión de la especificación de luminarias y sus criterios de instalación, se generan los siguientes documentos de ingeniería:

- a) Anexo U - Simbología y Leyendas, Área Eléctrica.
- b) Anexo V - Sistema de Iluminación, Cuarto Eléctrico.
- c) Anexo W - Ruteo de Tubería y Cables del Sistema de Iluminación, Cuarto Eléctrico.

#### **4.2.4. ESPECIFICACION DE SISTEMA DE TOMAS DE ENERGIA ELÉCTRICA**

Para el desarrollo del sistema de tomacorrientes de suministro de energía, es importante cumplir con los requerimientos de funcionalidad requeridos por el operador del PCR, ajustándose rigurosamente a las regulaciones técnicas pertinentes

para una Sala Eléctrica, esto permite crear un ambiente de trabajo idóneo para el personal que use el PCR y brinda las condiciones técnicas y de seguridad que un equipo de este tipo debe tener implícitas.

Del análisis del prototipo concebido para el PCR Contenerizado conforme la Sección 4.1.2. del presente proyecto, así como de la arquitectura propuesta mediante la Figura 4.6., y valiéndonos del Plano General de Implantación y Distribución de Equipos presentado en el Anexo Q, se especifica los elementos relevantes que conforman el sistema de corrientes, así como su ubicación, condiciones de instalación y rutas.

Como estándar, el sistema de tomacorrientes debe diseñarse considerando que cada toma tiene capacidad de suministro de mínimo 180VA, para el PCR Contenerizado, definimos un valor de 200VA, por tanto cada toma doble asume una potencia de 400VA, que a 121VAC, representan un flujo de corriente de 3A, asumiendo un factor de potencia de 0.9. Las cargas que se conectarán a los tomacorrientes en el interior del PCR serán solo monofásicas a 121VAC, 60 Hz. Los tomacorrientes deben tener una capacidad de corriente mínima de 125% de la corriente del accesorio a plena carga, por lo que el dispositivo tomacorriente debe estar en capacidad de conducir hasta 3.75A, parámetro que está cubierto ya que se ha normalizado tomas de mínimo 15A. Así, para los elementos “tomacorrientes” que se usarán en el PCR Contenerizado, deben tener las siguientes características:

- a) Cumplir con el estándar de la industria petrolera del Ecuador.
- b) Tipo: NEMA 5-20 grado industrial o similar
- c) Tensión nominal: 121VAC – 60Hz
- d) Corriente nominal: 20A
- e) Número de Polos: Monofásico 1 Fase – 3 Cables (Fase – Neutro – Tierra)

Acorde a las características requeridas se define el uso del tomacorriente doble modelo 5362 de la marca Leviton, o similar. El modelo seleccionado es de tipo NEMA 5-20R, de grado industrial a 121VAC, 60Hz, 20A, que además cumple con certificaciones UL, entre otras.



**Figura 4.14. Tomacorriente doble 5362 Leviton**

**Fuente: (Leviton, 2014)**

- a) Ahora, con el flujo de corriente que maneja cada tomacorriente, que es de 3A, con un factor de seguridad adicional de 0.5, se debe considerar una corriente de 4.5A, por tanto el calibre de cable a usarse podría ser desde # 16AWG, sin embargo las regulaciones dentro de la industria petrolera establecen que el calibre mínimo para suministro de energía debe ser de # 12AWG, por lo que

para el PCR Contenerizado se usará cable mono-filar tipo THHN/ THWN calibre # 12AWG o similar.

- b) Cada tomacorriente debe conectarse con la polaridad adecuada, con secuencia de Fase, Neutro, Tierra.
- c) Siendo consecuentes con las recomendaciones técnicas del estándar aplicable, dentro del PCR se distribuye y ubica cada tomacorriente de forma que sea montado a una distancia máxima de 1.8m del equipo que va a alimentar, adicionalmente, se procura que la distancia que debe existir entre tomacorrientes sea de máximo 3.7m, en la medida de lo posible, ya que la funcionalidad para uso de cada toma también influye en la posición de cada toma.
- d) Todo el cableado de los circuitos del sistema de tomacorrientes se enruta a través de tubería Conduit, la cual es de tipo IMC. Se diseña la ruta de Conduit para paso de cables considerando la necesidad de uso de accesorios complementarios al conduit, como son cajas de paso y terminales, soportes, uniones, hubs, coronas, conduletas, manguera flexible, tapas y demás. Para todo el sistema de ruteo de Conduit, se establece detalles de montaje, para asegurar la correcta sujeción de tubería y mediante ello garantizar condiciones de seguridad de instalaciones y de personal en el interior del PCR.
- e) Del análisis de los argumentos previos se concluye la no necesidad de tomas de energía de respaldo en el interior del PCR, ya que el UPS tiene tomas

integradas disponibles, las cuales están a menos de 1.8m de las cargas que podrían requerir energía de respaldo.

- f) Al no tener el PCR zonas húmedas o expuestas a presencia de agua, no se requiere el uso de tomacorrientes con interruptores de circuito por falla a tierra GFCI.
- g) Ya con los parámetros eléctricos definidos para los tomacorrientes del PCR, conforme análisis de cargas, se establece el tipo y capacidad de breakers desde los cuales se provee energía a los circuitos de tomas de energía.

Como conclusión de la especificación de tomacorrientes y sus criterios de instalación, se generan los siguientes documentos de ingeniería:

- a) Anexo U - Simbología y Leyendas, Área Eléctrica.
- b) Anexo X - Sistema de Tomacorrientes, Cuarto Eléctrico.
- c) Anexo Y - Ruteo de Tubería y Cables del Sistema de Tomacorrientes, Cuarto Eléctrico.

#### **4.2.5. ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN**

Mediante el dimensionamiento del Sistema de Climatización se pretende establecer las consideraciones generales de condiciones de sitio e interiores en el cuarto eléctrico requeridas para el área de equipos eléctricos y de baterías, evaluar las cargas térmicas a disiparse en zonas de equipos eléctricos y baterías, con el fin de

establecer resultados y en función de ello, especificar los “Equipos de aire acondicionado”.

Los criterios de diseño son tomados del Manual de Diseño y Selección de Equipos de Aire Acondicionado “ASHRAE 2001 Handbook, Cap. 29, Método de Cálculo CHLC.”, (ANSI - ASHRAE Standard, 2003).

#### **4.2.5.1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES**

De acuerdo a las necesidades planteadas para uso del PCR, del análisis de condiciones iniciales de diseño establecidas en la Sección 3.5.2. del presente proyecto y en la Tabla 3.5., se concluyen los siguientes datos:

- a) Temperatura exterior máxima en sitio de operación del PCR: 38.8 °C
- b) Humedad relativa máxima en sitio de operación del PCR: 99 %
- c) Presión atmosférica máxima en sitio de operación del PCR: 14.32 PSIA
- d) Temperatura esperada al interior del PCR: 22 °C
- e) Humedad relativa esperada al interior del PCR: 40 @ 50 %
- f) Instalación de Aires Acondicionados: Externa ó Interna
- g) Acondicionamiento de Aires Acondicionados: Industrial
- h) Tipo de Aires Acondicionados: Mochila
- i) Marcas certificadas en Industria: Liebert – York – Marvair
- j) Aires Acondicionados con filtrado de aire: Requerido

- k) Dimensiones de Cuarto de Equipos de PCR: 9.8m X 4m X 3.5m
- l) Dimensiones de Cuarto de Baterías de PCR: 2.35m X 4m X 3.5m
- m) Material de paredes y techo: Lámina galvanizada con poliuretano inyectado
- n) Espesor de paredes y techo: Paredes = 60mm y Techo = 40mm

También es importante notar las siguientes consideraciones tomadas en cuanto en el cálculo de cargas a disipar en el PCR se considera:

- a) La ubicación del PCR en sitio alejado de equipamiento exterior que genere calor que pueda ser transferido al sistema a través del viento a las paredes y techo.
- b) Que el intercambio de calor entre cuarto de baterías y cuarto eléctrico a través de puerta y paredes es despreciable dado que estas zonas se mantienen más o menos a la misma temperatura.
- c) Fuera de cálculo de cargas térmicas la influencia de intercambio de aire desde el exterior debido a apertura de puertas. Esta carga es ocasional y debe mantenerse al mínimo posible.

#### **4.2.5.2. EVALUCIÓN DE CARGAS TÉRMICAS**

El total de cargas térmicas a ser disipadas tanto en el área de equipos eléctricos y de baterías se calculan en base a la Ecuación anotada abajo:

$$q_{sys} = q_{pared} + q_{techo} + q_{ocup} + q_{CE}$$

#### **Ecuación 4.1. Total de cargas térmicas a ser disipadas**

Donde:

**$q_{sys}$**  Carga total del sistema, a ser disipada por el sistema de aire acondicionado.

**$q_{pared}$**  Carga debida a transferencia de calor desde el exterior por las paredes.

**$q_{techo}$**  Carga debida a transferencia de calor desde el exterior por el techo.

**$q_{ocup}$**  Carga interior debida a ocupación.

**$q_{CE}$**  Carga debida a radiación por fuentes internas de calor.

#### **a) Cálculo de carga debida a transferencia de calor a través de las paredes**

De acuerdo al Manual del ASHRAE la ganancia de calor debida a superficies se calcula con la siguiente formula:

$$q_{pared} = UA(t_b - t_i)$$

#### **Ecuación 4.2. Cálculo de carga por transferencia de calor a través de paredes.**

Dónde:

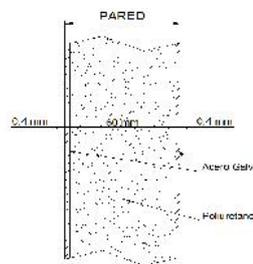
**U** Coeficiente de transferencia de calor entre zonas aledañas en  $W/(m^2K)$ .

**A** Área total de pared en  $m^2$ .

$t_b$  Temperatura exterior circundante en °C.

$t_i$  Temperatura interior acondicionada °C.

El valor de U depende de las condiciones de pared y viento de acuerdo a la Figura 4.15. y las Ecuaciones 4.3 y 4.4:



**Figura 4.15. Detalle de pared de cuarto eléctrico**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

$$U = \frac{1}{RT}$$

**Ecuación 4.3. Condiciones de pared y viento 1**

$$RT = \frac{1}{h_0} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{1}{h_i}$$

**Ecuación 4.4. Condiciones de pared y viento 2**

Dónde:

**RT** Resistencia total a transferencia de calor ( $m^2K$ )/W.

**$h_0$**  Conductividad por aire en el exterior en  $W/(m^2K)$ .

$h_i$  Conductividad por aire en el interior en  $W/(m^2K)$ .

$x_1, x_2, x_3$  Espesores de los materiales de pared tipo Sándwich en m.

$k_1, k_2, k_3$  Conductividad de los materiales de pared tipo Sanwich en  $W/(mK)$ .

Los datos se toman del Manual 2001 del ASHRAE, Tabla 1 pág. 25.2, Tabla 4 pág. 25.5 y Tabla 1 pág. 38.1 del Anexo Z. (ANSI - ASHRAE Standard, 2003).

Los datos tomados y resultados del cálculo de carga por paredes en el cuarto eléctrico se detallan en las Tablas 4.16 y 4.17.

**Tabla 4.16. Datos y resultados de cálculo de carga térmica por pared para zona de “Equipos Eléctricos”**

DATOS DE CÁLCULO			
DESCRIPCION	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Espesor de acero capa exterior	$x_1$	m	0,004
Espesor de poliuretano intermedio	$x_2$	m	0,060
Espesor de acero capa interior	$x_3$	m	0,004
Conductividad del acero capa exterior	$k_1$	$W/(mK)$	45,300
Conductividad del poliuretano intermedio	$k_2$	$W/(mK)$	0,023
Conductividad del acero capa interior	$k_3$	$W/(mK)$	45,300
Conductividad para aire en el exterior	$h_o$	$W/(m^2K)$	22,700
Conductividad para aire en el interior	$h_i$	$W/(m^2K)$	8,290
Temperatura exterior circundante	$t_a$	$^{\circ}C$	38,800
Temperatura interior acondicionada	$t_i$	$^{\circ}C$	24,000
RESULTADOS DE CÁLCULO			
Resistencia total a transferencia de calor	$R_T$	$(m^2K)/W$	2,773

CONTINUA

Coeficiente de transferencia de calor	$U$	$W/(m^2 K)$	0,361
Área total de paredes en cuarto de equipos	$A$	$m^2$	82,600
Carga total de calor por paredes	$q_{pared}$	$W$	<b>441,315</b>

Fuente: (PIL S.A., 2012)

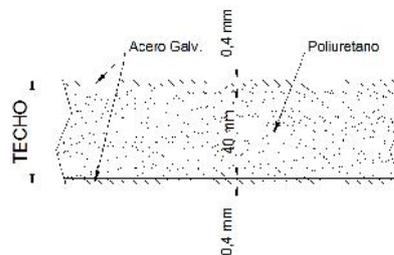
**Tabla 4.17. Datos y resultados de cálculo de carga térmica por pared para zona de Baterías"**

DATOS DE CÁLCULO			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Espesor de acero capa exterior	$x_1$	m	0,004
Espesor de poliuretano intermedio	$x_2$	m	0,060
Espesor de acero capa interior	$x_3$	m	0,004
Conductividad del acero capa exterior	$k_1$	$W/(mK)$	45,300
Conductividad del poliuretano intermedio	$k_2$	$W/(mK)$	0,023
Conductividad del acero capa interior	$k_3$	$W/(mK)$	45,300
Conductividad para aire en el exterior	$h_o$	$W/(m^2 K)$	22,700
Conductividad para aire en el interior	$h_i$	$W/(m^2 K)$	8,290
Temperatura exterior circundante	$t_b$	°C	38,800
Temperatura interior acondicionada	$t_l$	°C	24,000
RESULTADOS DE CÁLCULO			
Resistencia total a transferencia de calor	$R_T$	$(m^2 K)/W$	2,773
Coeficiente de transferencia de calor	$U$	$W/(m^2 K)$	0,361
Área total de paredes en cuarto de baterías	$A$	$m^2$	30,450
Carga total de calor por paredes	$q_{pared}$	$W$	<b>162,68</b>

Fuente: (PIL S.A., 2012)

### b) Cálculo de carga debida a transferencia de calor a través del techo

El cálculo de carga a través del techo se calcula utilizando las mismas Ecuaciones 4.2., 4.3. y 4.4. utilizadas en el cálculo de carga de pared. Los espesores de material cambian de acuerdo a la Figura 4.16:



**Figura 4.16. Detalle de techo de cuarto eléctrico.**

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

Los datos tomados y resultados del cálculo de carga para el techo del cuarto eléctrico se detallan en las Tablas 4.18 y 4.19.

**Tabla 4.18. Datos y resultados de cálculo de carga térmica por techo para zona de “Equipos Eléctricos”**

DATOS DE CALCULO			
DESCRIPCION	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Espesor de acero capa exterior	$x_1$	m	0,004
Espesor de poliuretano intermedio	$x_2$	m	0,040
Espesor de acero capa interior	$x_3$	m	0,004
Conductividad del acero capa exterior	$k_1$	$W / CmK$	45,300
Conductividad del poliuretano intermedio	$k_2$	$W / CmK$	0,023

CONTINUA

Conductividad del acero capa interior	$k_3$	$W/(mK)$	45,300
Conductividad para aire en el exterior	$h_o$	$W/(m^2K)$	22,700
Conductividad para aire en el interior	$h_i$	$W/(m^2K)$	8,290
Temperatura exterior circundante	$t_e$	$^{\circ}C$	38,800
Temperatura interior acondicionada	$t_i$	$^{\circ}C$	24,000
<b>RESULTADOS DE CALCULO</b>			
Resistencia total a transferencia de calor	$R_{t, total}$	$(m^2K)/W$	1,904
Coefficiente de transferencia de calor	$U$	$W/(m^2K)$	0,525
Área total de techo en cuarto de equipos	$A$	$m^2$	39,200
Carga total de calor por techo	$q_{techo}$	$m^2K$	<b>303,145</b>

Fuente: (PIL S.A., 2012)

**Tabla 4.19. Datos y resultados de cálculo de carga térmica por techo para zona de “Baterías”**

<b>DATOS DE CALCULO</b>			
DESCRIPCION	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Espesor de acero capa exterior	$x_1$	m	0,004
Espesor de poliuretano intermedio	$x_2$	m	0,040
Espesor de acero capa interior	$x_3$	m	0,004
Conductividad del acero capa exterior	$k_1$	$W/(mK)$	45,300
Conductividad del poliuretano intermedio	$k_2$	$W/(mK)$	0,023
Conductividad del acero capa interior	$k_3$	$W/(mK)$	45,300
Conductividad para aire en el exterior	$h_o$	$W/(m^2K)$	22,700
Conductividad para aire en el interior	$h_i$	$W/(m^2K)$	8,290
Temperatura exterior circundante	$t_e$	$^{\circ}C$	38,800
Temperatura interior acondicionada	$t_i$	$^{\circ}C$	24,000
<b>RESULTADOS DE CALCULO</b>			
Resistencia total a transferencia de calor	$R_{t, total}$	$(m^2K)/W$	1,904

**CONTINUA** 

Coefficiente de transferencia de calor	$U$	$W / (m^2 K)$	0,525
Área total de techo en baterías	$A$	$m^2$	9,400
Carga total de calor por techo	$q_{techo}$	$W$	<b>73,038</b>

Fuente: (PIL S.A., 2012)

### c) Cálculo de carga debida a ocupación

El cálculo de carga debida a ocupación se calcula de acuerdo al Manual 2001 del ASHRAE, Tabla 1 pág. 29.4 (ANSI - ASHRAE Standard, 2003), para valores estándar de generación de calor sensible y latente por ocupación. Los datos y cálculo total se registran en la Tabla 4.20 a continuación:

**Tabla 4.20. Datos y resultados de cálculo de carga por ocupación.**

DATOS DE CÁLCULO							
DESCRIPCIÓN	UNIT	QNT	CALOR SENCIB.	TOTAL SENCIB.	CALOR LATENTE	TOTAL LATENTE	
Trabajo ligero en cuarto eléctrico.	$W$	4	80,0	320,0	140,0	560,0	
Trabajo ligero en cuarto de baterías.	$W$	2	80,0	160,0	140,0	280,0	

Fuente: (PIL S.A., 2012)

### d) Cálculo de carga debida a radiación por fuentes internas de calor

El cálculo de carga debida radiación por fuentes internas de calor corresponde a la disipación de energía de todo el equipamiento eléctrico que se encuentra dentro del cuarto de equipos eléctricos y cuarto de baterías.

Estos datos se recopilan en las Tablas 4.21 y 4.22 y son medidas en su mayoría en hojas de datos del fabricante y evaluadas en función de sus rendimientos netos.

**Tabla 4.21. Cálculo de carga por equipos internos en el cuarto de “Equipos Eléctricos”**

DESCRIPCIÓN	QNT	UNIT	CARGA GENERADA	CARGA TOTAL
Celdas de Media Tensión	13		702,78	9136,14
Sistema de Control de Incendios	1		1,14	1,14
Tablero de distribución 120V	1		3,60	3,60
Tablero de distribución 208V	1		215,51	215,51
Sistema de Iluminación (lámparas)	18		32,00	576,00
<b>Carga total por Equipos</b>	-		-	<b>9.932,39</b>

Fuente: (PIL S.A., 2012)

**Tabla 4.22. Cálculo de carga por equipos internos en cuarto de “Baterías”**

DESCRIPCIÓN	QNT	UNIT	CARGA GENERADA	CARGA TOTAL
Tablero de comunicaciones	1		7,19	7,19
UPS	1			

CONTINUA

Tablero de Cargador	1		829,86	829,86
Cargador de Baterías	2		360,76	721,52
Baterías 125 VDC	1		458,85	458,85
Sistema de Iluminación (lámparas)	4		32,00	128
<b>Carga total por Equipos</b>	-		-	<b>2.639,12</b>

**Fuente: (PIL S.A., 2012)**

En base a los cálculos anteriores se determina el total a ser disipado tanto en el cuarto de “Equipos Eléctricos” y en el cuarto de “Equipos de Baterías” para seleccionar los equipos de aire acondicionado.

**Para el cuarto de “Equipos Eléctricos”:**

$$q_{\text{sys}} = 441,10\text{W} + 303,14\text{W} + 560,00\text{W} + 9932,39\text{W}$$

$$q_{\text{sys}} = 11236,63\text{W} \quad 11,23\text{Kw} \quad 38350,45\text{BTU/H}$$

**Para el cuarto de “Baterías”:**

$$q_{\text{sys}} = 162,68\text{W} + 73,03\text{W} + 280,00\text{W} + 2639,12\text{W}$$

$$q_{\text{sys}} = 3.154,83\text{ W} \quad 3,15\text{Kw} \quad 10.771,925\text{BTU/H}$$

#### **4.2.5.3. ESPECIFICACION DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO**

En base a los datos calculados para carga térmica total se requiere un equipo que cumpla con las siguientes características:

##### **Para cuarto de “Equipos Eléctricos”:**

- a) Capacidad total mínima a disipar 11,23 KW en carga total.
- b) Servicio tipo industrial.
- c) Temperatura interior aceptable 22.0°C
- d) Refrigerante aceptado R410 o similar de la serie R.

Se selecciona un equipo LIEBERT INTELECOOL ET060, (Emerson, 2014), con capacidad nominal 15.8KW para carga total y 11.1KW para calor sensible, tipo mochila para servicio industrial exterior, capacidad total 3TON. Dado que se solicita aire acondicionado redundante en esta zona se requieren adquirir dos equipos iguales.

##### **Para cuarto de “Baterías”:**

- a) Capacidad total mínima a disipar 3,15KW en carga total.
- b) Servicio tipo industrial.

- c) Temperatura interior aceptable 22.0°C
- d) Refrigerante aceptado R410 o similar de la serie R.

Se selecciona un equipo LIEBERT INTELECOOL ET024, (Emerson, 2014), con capacidad nominal 6.3KW para carga total y 5.0KW para carga sensible, tipo mochila para servicio industrial exterior, capacidad total 1.5TON.



**Figura 4.17. Aire Acondicionado Tipo Mochila Liebert Intelecool**

**Fuente: (Emerson, 2014)**

#### **4.2.6. ESPECIFICACIÓN PARA RESPALDO DE ENERGÍA.**

El PCR Contenerizado motivo de este proyecto, por la necesidad de los equipos y sistemas que contiene, requiere la implementación de sistemas de respaldo de energía, tanto en VAC como en VDC.

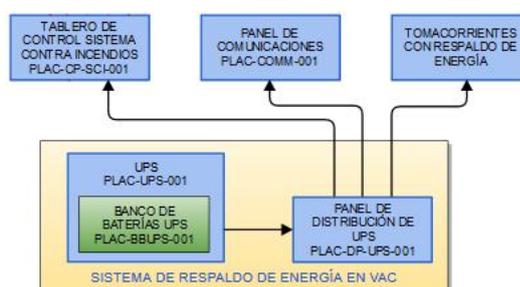
De inicio todas las prestaciones que brinda el PCR Contenerizado están soportadas sobre la energía convencional de entrada proveniente de la red eléctrica, sea ésta pública o privada, sin embargo por confiable que sea la red, siempre puede ser vulnerable y el PCR está expuesto a cortes de energía o a eventos de mala calidad

de energía, en tal motivo debe contar con la posibilidad de mantener activos los sistemas críticos, que básicamente son los dispositivos de control de procesos y de seguridad.

Para respaldo de energía el VAC se emplea un UPS con banco de baterías, cuya capacidad y autonomía están en función de las recomendaciones técnicas de la norma pertinente y de los requerimientos técnicos de la aplicación. Del mismo modo, para respaldo de energía en VDC se emplea con un sistema compuesto por un tablero de control con rectificador con cargadores de baterías y un banco de baterías, cuya capacidad y autonomía están en función de las recomendaciones técnicas de la norma pertinente y de los requerimientos técnicos de la aplicación. Los párrafos siguientes hacen referencia a la aplicación de cada uno de los sistemas de respaldo así como el proceso de especificación de equipos.

#### **4.2.6.1. RESPALDO DE ENERGÍA EN VAC**

El UPS requerido para el PCR, tomará energía de entrada desde el Panel de Distribución Principal denominado PLAC-DP-001 cuyo voltaje nominal es 209.3/121VAC – Trifásico – 4 Hilos y entregará energía al Panel de Distribución de UPS denominado PLAC-DP-UPS-001 cuyo voltaje nominal es 209.3/121VAC – Monofásico – 4 Hilos.



**Figura 4.18. Sistema de respaldo de energía en VAC del PCR**

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

Las cargas a alimentar son el Panel de Comunicaciones denominado PLAC-COMM-001, el Panel de Control del Sistema Contra Incendios denominado PLAC-CP-SCI-001, eventualmente 2 tomacorrientes simples propios del UPS y además debe tener capacidad de crecimiento de un 30%. La carga total estimada se resume en la Tabla 4.23.

**Tabla 4.23. Potencia demanda del UPS por cargas del PCR**

EQUIPO	QNT	TAG	POTENCIA
Panel de Comunicaciones	1	PLAC-COMM-001	450 W
Panel de SCI	1	PLAC-CP-SCI-001	450 W
Tomacorrientes	2	-	400 W
<b>Total</b>			<b>1300 W</b>
<b>Total con crecimiento del 30%</b>			<b>1690 W</b>

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

El tiempo de autonomía, de acuerdo a la norma establece sea de 1,5 horas.

Conforme el análisis realizado el equipo requerido debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) Cumplir con el estándar de la industria petrolera del Ecuador.
- b) Tensión de Entrada: 209.3/121VAC – 3 Fases – 4 Hilos ó 209.3VAC – 1 Fase – 3 Hilos
- c) Tensión de Salida: 209.3/121VAC – 1 Fase – 4 Hilos.
- d) Potencia requerida: mayor a 1690W.
- e) Tiempo de autonomía: 1,5 horas.
- f) Tipo: On – Line

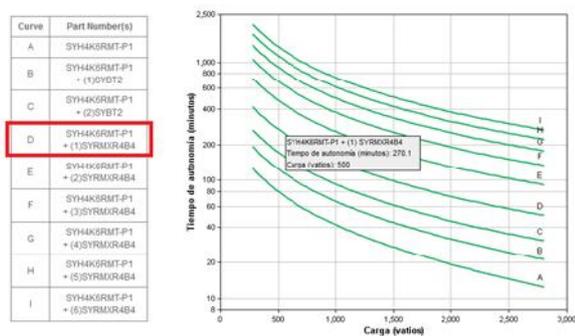
La potencia requerida del UPS está detallada en potencia activa (W), pero el parámetro comercial es potencia aparente (VA), por lo que para la selección del UPS debe tenerse en cuenta el factor de potencia, por ejemplo, de ser el  $fp = 0.9$ , los 1690W equivalen a 1879VA, pero ese no es un valor comercial por lo que se ubicará el modelo inmediato superior que sería de 2KVA.

Al ser una potencia baja la requerida del UPS, no es técnicamente factible encontrar un equipo que al mismo tiempo brinde un tiempo de autonomía de 1,5 horas, el cual si es un tiempo extendido, ya que regularmente el tiempo estándar de autonomía de un UPS es de 15 minutos. La solución es elevar la capacidad de equipo hasta lograr la autonomía predeterminada. Otro limitante por el que hay que crecer en el valor de potencia del UPS es porque regularmente los UPS's de 3KVA

hacia abajo, se alimentan con 121VAC – 1 Fase – 3 Hilos, y en este caso las condiciones de alimentación son de un nivel superior. En base a los antecedentes se concluye en la selección del siguiente equipo:

- a) Marca UPS: APC
- b) Modelo UPS: SYH4K6RMT-P1
- c) Tipo: On - Line
- d) Potencia: 4.2KW / 6KVA
- e) Tensión de entrada: 209.3VAC – 1 Fase – 3 Hilos (2L + GND)
- f) Tensión de Salida: 121/209.3VAC – 1 Fase – 4 Hilos (2L + N +GND)
- g) Tiempo de autonomía: 4,5 horas @ 500W de carga.

El plazo de autonomía se logra adicionando al UPS APC SYH4K6RMT-P1, cuatro (4) módulos de baterías externas, conforme se muestra en Figura 4.19.



**Figura 4.19. Tiempo de Autonomía de UPS SYH4K6RMT-P1 con 4 módulos SYRMXR4B4**

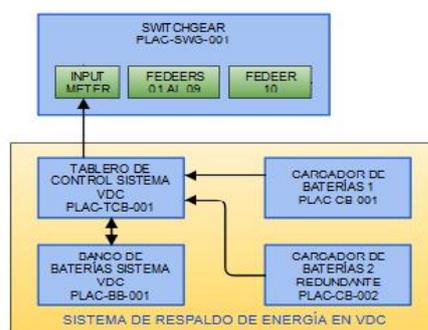
**Fuente: (APC, 2014)**

Las características del módulo de baterías que trabaja junto con el UPS son:

- a) Marca módulo de baterías externas: APC.
- b) Modelo módulo de baterías externas: SYRMXR4B4.
- c) Tipo de baterías: VRLA.

#### 4.2.6.2. RESPALDO DE ENERGÍA EN VDC

El sistema de respaldo de energía en VDC, está compuesto por 4 elementos que interactúan entre sí para generar el nivel de tensión VDC y el tiempo de autonomía deseado, en los párrafos siguientes se detalla las funciones de cada elemento. Los elementos que integran el sistema son tablero de control y rectificador, cargador de baterías principal, cargador de baterías redundante y banco de baterías externo.



**Figura 4.20. Sistema de respaldo de energía en VDC del PCR**

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

El funcionamiento del sistema global consiste en generar energía a 125VDC alimentado desde la red eléctrica convencional pero ante eventos de caída de energía o mala calidad de ésta, el sistema debe permanecer activo apoyándose en un banco de baterías. Para mantener el banco de baterías cargado y listo para operar, mientras haya energía de la red eléctrica convencional, se carga las baterías.

Las cargas del sistema de respaldo VDC generan una demanda de energía conforme la Tabla 4.24.

**Tabla 4.24. Potencia demanda del UPS por cargas del PCR**

<b>EQUIPO</b>	<b>QNT</b>	<b>TAG</b>	<b>POTENCIA</b>
Panel de Control SWG Borne 1	1	PLAC-SWG-001	1500 W
Panel de Control SWG Borne 2	1	PLAC-SWG-001	1500 W
Duplicado de control SWG	1	-	3000 W
<b>Total</b>			<b>6000 W</b>
<b>Total con crecimiento del 30%</b>			<b>7800 W</b>

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

Conforme un valor estándar de factor de potencia de las cargas de 0.8, se concluye que la potencia nominal del sistema VDC será de 9750VA, que por limitante comercial es necesario escalarlo a su inmediato superior, 10KVA.

**a) Tablero de Control y Rectificador.**

Toma energía desde el Panel de Distribución Principal denominado PLAC-DP-001 cuyo voltaje nominal es 209.3/121VAC – 3 Fases – 4 Hilos, tiene la función de recibir energía eléctrica de la red eléctrica convencional de VAC, convertirla a VDC y entregarla al Panel de Control del Switchgear denominado PLAC-SWG-001.

Recibe el Cargador de Baterías Principal denominado PLAC-CB-001 y el Cargador de Baterías Redundante denominado PLAC-CB-002, aquí se conmutan los cargadores habilitando prioritariamente al Cargador Principal, pero en el caso de falla habilita al Cargador redundante. También existe la posibilidad de anular los Cargadores para labores de mantenimiento, ya sea al uno al otro o a ambos, debido a que ambos Cargadores ingresan a este Tablero a través de protecciones individuales, bastará entonces con desactivar el breaker del cargador respectivo.

Se conecta al Banco de Baterías Externo denominado PLAC-BB-001, para mantenerlo cargado, este proceso se realiza desde cualquiera de los dos Cargadores mientras existe energía desde la red eléctrica convencional, una vez que esta falla, este Tablero se encarga de canalizar el suministro de energía desde al banco de baterías hacia la carga, que es el Panel de Control del Switchgear denominado PLAC-SWG-001.

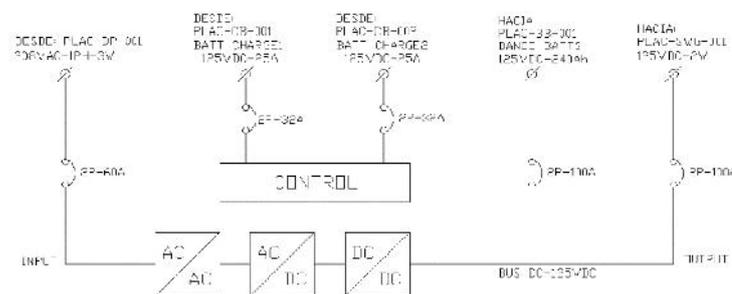
Para la tensión de alimentación, debido a que su valor es de 209.3VAC – 1 Fase – 3 Hilos y la Potencia del sistema es de 10KVA, se concluye con un factor de seguridad del 25% un Disyuntor de entrada de 60A, que existe comercialmente.

Para los cargadores de baterías debido a que suministran una corriente fija de 25A, por norma el Disyuntor debe tener un factor de seguridad del 25%, por lo que se concluye un valor de 32A, que existe comercialmente.

El banco de baterías debe ser también protegido, basándose en un voltaje de 125VDC con una potencia de 10KVA, asignado un factor de seguridad del 25%, se concluye en un Disyuntor de 100A, que existe comercialmente.

La salida del Tablero será a través de un dispositivo de protección que basándose en un voltaje de 125VDC con una potencia de 10KVA, asignado un factor de seguridad del 25%, se concluye en un Disyuntor de 100A, que existe comercialmente.

La Figura 4.21. muestra la configuración interna del Tablero de Control y Rectificador del sistema de respaldo de energía de 125VDC.



**Figura 4.21. Configuración del Sistema 125VDC**

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

Se concluye un Tablero de Control, a medida, con las siguientes características:

- **Marca:** Fabricación Nacional.
- **Tipo:** Control / Rectificador 209.3VAC @ 125VDC.
- **Potencia:** 10KVA.
- **Tensión de entrada:** 209.3VAC – 1 Fase – 3 Hilos (Disyuntor 60A – 2P).
- **Tensión de salida:** 125VDC – 2 Hilos (Disyuntor 100A – 2P).
- **Protecciones:** Input Batt Charger 1 (Disyuntor 32A – 2P), Input Batt Charger 2 (Disyuntor 32A – 2P), Input Batt Array (Disyuntor 100A – 2P).

#### **b) Banco de Baterías.**

Para dimensionar la capacidad del banco de baterías externo es necesario recapitular en los datos representativos para este cálculo, los cuales son:

- **Potencia del sistema:** 10KVA.

- **Tensión nominal del sistema / Bus DC:** 125VDC.

Se calcula la corriente generada por una carga de 10KVA a 125VDC.

$$\text{Corriente (A)} = \frac{\text{Potencia (KVA)}}{\text{Tensión (VDC)}} = \frac{10 \text{ (KVA)}}{125 \text{ (VDC)}} = 80 \text{ (A)}$$

#### **Ecuación 4.5. Corriente requerida del Banco de Baterías sistema VDC**

Los 80A, son la corriente instantánea que se genera por la carga, pero debe recordarse que la batería entrega energía, que es unidad de corriente por unidad de tiempo. La autonomía normalizada para un sistema de respaldo de energía es de 1,5 horas, en tal motivo podemos calcular la energía que 80A generan en 1,5 horas.

$$\text{Energía (Ah)} = \text{Corriente (A)} * \text{Tiempo (h)} = 80 \text{ (A)} * 1,5 \text{ (h)} = 120 \text{ Ah}$$

#### **Ecuación 4.6. Energía que demandan 80A @ 125VDC en 1,5 horas.**

Sin embargo las regulaciones técnicas recomiendan que un banco de baterías nunca se descargue mas allá del 50%, por lo que se debe duplicar la capacidad del banco de baterías. Las características técnicas del Banco de Baterías son las siguientes:

- **Tensión nominal:** 125VDC
- **Capacidad:** 240Ah.
- **Baterías:** Tipo VRLA, sede lograr con ellas, configurándolas en serie o paralelo, la tensión y capacidad nominal.

Para lograr el arreglo de baterías se concluye en 10 baterías tipo VRLA, secas, selladas, libres de mantenimiento, de ciclo profundo, de 12VDC – 240Ah. El modelo y marca de la batería seleccionada es Haze HZY 240Ah C100 12V. Las baterías conformarán un arreglo en serie, conforme se muestra en la Figura 4.22.



**Figura 4.22. Arreglo de Baterías sistema VDC del PCR**

**Fuente: (HAZE HZY, 2014)**

#### **c) Cargadores de Baterías.**

Adicional a que el equipo seleccionado cumpla con los estándares de industria petrolera del país, determinar los parámetros eléctricos del cargador de baterías consiste en definir la tensión del sistema VDC y la corriente de carga, que se recomienda sea de una décima de la capacidad máxima del arreglo de baterías, ya que el tiempo óptimo de carga de una batería es de 10 horas. En tal motivo se concluye que cada uno de los Cargadores de Baterías debe ser para ambiente industrial y de 125VDC a 25A. El equipo seleccionado es el siguiente:

- **Marca:** MSD Power
- **Modelo:** AT30130025E208SXSXA

- **Tensión de entrada:** 209.3VAC – 1 Fase - 3 Hilos
- **Tensión de salida:** 125VDC
- **Corriente de Carga:** 25A.



**Figura 4.23. Cargador de Baterías MSD Power**

**Fuente: (MDS Power, 2013)**

#### **4.2.7. ESPECIFICACIÓN DE SWITCHGEAR**

Esta especificación define los requisitos mínimos para un Switchgear de 13 celdas de 13.8KV para un PCR Contenerizado, divididas en una (1) Celda de Incoming, diez (10) Celdas de Output, una (1) Celda de Metering y una (1) Celda de Tie. Las celdas del Switchgear serán resistentes al arco (Metal Clad), construidas bajo la norma ANSI y aplicadas en los siguientes servicios:

- a) Para Instalaciones interiores.
- b) Para alimentación y distribución a 60 Hertz para voltajes que se encuentren entre 2,4KV y 15KV que incluye, pero no se está limitado a: motores de inducción, motores síncronos, transformadores, equipos encapsulados como

arrancadores, alimentadores a carga general, todos con una potencia estimada máxima de 500KVA.

- c) Las celdas del Switchgear deben estar construidas bajo las normas ANSI. No se acepta construcción de las celdas utilizando una mezcla de normas. Las normas específicas a las que se apega el proceso de construcción del Switchgear son listadas en la Sección 3.1. y Sección 3.5.15.

El nivel de tensión operativa del Switchgear es de 13.8KV, en tal motivo por recomendación técnica se define que el nivel de tensión nominal es de 15KV, que por limitaciones comerciales se concluye será de 17.5KV.

Debido a que el Switchgear tiene 10 celdas de salida, y a cada una de ellas pretende de tener una carga promedio de 500KVA, se puede determinar el valor de corriente que cada celda estaría en capacidad de suministrar, y la total, cuyos valores serían:

$$\text{Corriente (A)} = \frac{\text{Potencia (KVA)}}{\text{Tensión (VAC)}} = \frac{500 \text{ (KVA)}}{13.8 \text{ (KV)}} = 20.94 \text{ (A)}$$

#### **Ecuación 4.7. Corriente de Celda de Salida del PLAC-SWG-001**

La carga promedio dada para cada celda, de 500KVA, se apega a la realidad de la operación de una plataforma de pozos para extracción de crudo, en el área donde se pretende ubicar el PCR, donde el bombeo electro sumergible es común, y los valores potencia de las bombas van entre 200KVA a 500KVA.

En tal motivo cada Celda de Salida del Switchgear tiene una capacidad de demanda de corriente de hasta 20.94A, lo que significa que la demanda de corriente total de las 10 Celdas de Salida del Switchgear es de 209.5A. La recomendación técnica establece que para una Tensión Nominal de 15KV, son compatibles valores de Corriente Continua Nominal de 1200A, 2000A o 3000A y valores de Capacidad de Interrupción de 25KA, 31.5KA, 40KA, 50KA. Debido a que el requerimiento de corriente es bajo, se toma el valor inmediato superior sugerido, por tanto se concluye que un valor de Corriente Continua Nominal de 1200A, que por limitantes comerciales se define en 1250A, adicionalmente se concluye un valor de Capacidad de Interrupción de 25KA. De los antecedentes, se concluye un Switchgear cuyos parámetros representativos son:

- a) **Tipo:** Metal Clad con Interruptores Draw Out / 13 Celdas.
- b) **Norma:** ANSI.
- c) **Tensión Nominal:** 17.5KV.
- d) **Tensión de Operación:** 13.8KV.
- e) **Corriente Continua Nominal:** 1250A.
- f) **Capacidad de Interrupción:** 25KA.
- g) **Frecuencia:** 60Hz.
- h) **1 Celda de Incoming:** Facilidades de ingreso de energía al Switchgear.
- i) **10 Celdas de Output:** Alimentadores para salida de energía del Switchgear.
- j) **1 Celda de Metering:** Facilidades para monitoreo, control y comunicación.

- k) **1 Celda de Tie:** Bloque de enlace, da facilidades futuras para aumento de celdas.

El diagrama Unifilar del Switchgear especificado, se muestra mediante el Anexo AA.

La especificación del Switchgear incluye considerar los parámetros indicados en los párrafos siguientes.

#### **4.2.7.1. CONDICIONES DE SERVICIO**

El Switchgear se instalará en el interior de una sala eléctrica de control y debe ser adecuada para un funcionamiento continuo en las siguientes condiciones de servicio:

- a) Temperatura ambiente: Máximo de 45 °C / Mínimo de 16 °C.
- b) La temperatura media, medida en un plazo de 1 mes, es de máximo 30 °C.
- c) Altitud de operación es bajo los 1000 metros.
- d) Para período de 24 horas, no exceda del 95%.
- e) Para un período de 1 mes, no exceda del 90%.
- f) El Switchgear debe cumplir plenamente con el estándar ANSI. No aplica IEC.

- g) No se deberá utilizar líquidos de silicona o líquidos inflamables (como los aceites y éteres) como medios aislantes o de interrupción.

#### **4.2.7.2. VALORES NOMINALES**

- a) La capacidad nominal del Switchgear no depende de los sistemas de climatización.
- b) El Switchgear es aislado en aire.
- c) El Switchgear es para uso en interiores, grado de estanqueidad es Nema 12.
- d) La corriente nominal de la barra principal se indica en planos unifilares y la capacidad de esta es mayor al valor nominal del interruptor del circuito principal de entrada o del TIE.
- e) La barra de tierra será capaz de soportar una corriente de corta duración durante 3s.
- f) El Switchgear será completamente ensamblado en fábrica y probado para su transporte.
- g) Voltaje Nominal Máximo (mínimo): 15.0KV cuando los voltajes de funcionamiento son 6.6KV, 6.9KV, 11KV o 13.8KV. Para el Switchgear del PCR su Voltaje Nominal es de 17.5KV.
- h) Corriente Continua Nominal: 1200A, 2000A, o 3000A, es compatible con:
- Capacidad de interrupción (Circuit breaker Interrupting) (25, 31.5, 40, 50) KA.

- Capacidad de interrupción (Close and Latch) (65, 82, 104, 130) KA Peak.
- Tiempo de interrupción de los disyuntores 3 ciclos.

#### **4.2.7.3. GABINETES**

- a) El Switchgear será del tipo Metal Clad, resistente al arco, estará integrado por las distintas secciones verticales con una barra horizontal común principal, una barra común de tierra, disyuntor de potencia, elementos auxiliares necesarios para el control, transformadores de protección y medida especificados, relés, equipos de medición y control.
- b) El Switchgear deberá ser de construcción a prueba de arco interno con una clasificación tipo IAC AFLR. El nivel de construcción de resistencia de arco debe estar definido por IEEE C37.20.7, tipo 2 o tipo B según EEMAC G14-1.
- c) El diseño incluye un ducto sellado en la parte superior del Switchgear, cubriendo todas las solapas de ventilación para expulsar los gases de la onda de choque (arco) desde el interior del Switchgear, herméticamente a prueba de humedad y polvo, con un diafragma que permite la salida de los gases.
- d) El Switchgear incluye mirillas que permita realizar una termografía de la conexión de los cables de salida.
- e) El Switchgear no es de configuración back-to-back.
- f) El Switchgear es diseñado para permitir una futura instalación en sitio de secciones verticales, al final de cada lado de la barra.

- g) Cada sección vertical está completamente cerrada por todos los lados y la parte superior (a excepción de las aberturas de ventilación).
- h) Posee sistema de calefacción.
- i) El número máximo de disyuntores por sección vertical es de hasta dos interruptores.
- j) Todos los componentes y dispositivos asociados al Switchgear que requieren mantenimiento e inspección de rutina (por ejemplo, los transformadores de medida, fusibles, relés, conectores de cable de salida, todos los terminales, y borneras de conexión) son totalmente accesibles, se ubican de manera lógica y simétricamente, cumpliendo los siguientes criterios:
  - En el caso de mantenimiento de estos elementos no se debe interferir con la operación del Switchgear.
  - Mantener la integridad del gabinete.
  - Los elementos para izar permiten la elevación de la sección completa sin producir deformación permanente a cualquier parte del Switchgear. Se construye de forma que pueda ser utilizado para mover las secciones en transporte marítimo.

#### **4.2.7.4. COMPARTIMENTOS**

- a) Cada sección vertical está totalmente cerrada, para que las siguientes secciones se encuentren separadas entre sí.

- b) La barra del circuito principal será completamente aislada, con aislamiento epóxico, no higroscópico, altamente dieléctrico, retardante al fuego. Esta barra dispondrá de paneles removibles que permitirán la inspección de las barras.
- c) Cada cubículo del Switchgear tendrá las siguientes características:
- Contactos fijos para el circuito principal y para los contactos de carga para unirse con los contactos del disyuntor.
  - Contacto fijo de tierra para unirse con los contactos de tierra del disyuntor.
- d) Cada sección del Switchgear estará equipado con un disyuntor desenchufable del circuito principal, deberán estar provistos de un mecanismo de disparo con las siguientes características:
- Aislar los contactos fijos del circuito principal y los de la línea de carga cuando el interruptor se mueve fuera de su posición de conectado.
  - Abrirse automáticamente cuando se mueve hacia esta posición.
  - El interruptor extraíble, no podrá cerrarse si las puertas no son cerradas y aseguradas con el interruptor en posición conectado.
  - No debe ser necesario mover las puertas para retirar los elementos removibles.

- Todas las puertas de los paneles desmontables exteriores e interiores de las barras principales y paneles de los circuitos estarán equipados con bloqueos internos para realizar una inspección.

e) Los criterios para mantener la integridad del Switchgear.

- Para ponerlo en estado de prueba las acciones necesarias se llevarán a cabo sin intervención manual u otra actividad (por ejemplo, después que la puerta este abierta, no es aceptable que se abra manualmente las cubiertas o se enchufe el disyuntor para el modo de prueba).
- El término "apertura" significa que los compartimentos se encuentren separados.
- El término "partes vivas" se entenderá por elementos con voltaje superior a 240V.

f) Las "condiciones de la prueba" serán las siguientes:

- Con todas o cualquiera de las puertas del compartimiento abiertas, el circuito principal energizado y cualquiera de los disyuntores conectados, desconectados o removidos.
- La puerta del panel del cubículo de los cables de alimentación este abierta, el circuito principal energizado y el disyuntor desconectado.

- Cualquiera o todas las puertas de los cubículos de bajo voltaje abiertas (los instrumentos, contadores, relés y circuito de control secundario, etc.) y el circuito principal energizado.
- Con todas las puertas del compartimiento exterior cerradas.

#### **4.2.7.5. CANALIZACIONES**

- a) Para el cableado de potencia, control, tierra, y comunicación la vía de entrada y salida es por la parte superior o inferior del Switchgear.
- b) Las canalizaciones provistas para cada sección vertical deben permitir una ruta del cableado y ubicar terminales dentro del gabinete.
- c) Para las secciones verticales que contengan más de un disyuntor las canalizaciones permiten el ordenamiento de los conductores asociados a cada alimentación.

#### **4.2.7.6. PINTURA Y REVESTIMIENTOS**

- a) Todas las superficies sin pintar son de un material inoxidable no corrosivos (por ejemplo, acero inoxidable, latón, etc.), o bien recubierto de un material que inhiba la oxidación y la corrosión (por ejemplo, cinc, cadmio, cromo, etc.)

- b) El exterior del Switchgear será de un color uniforme, regularmente en ANSI 61 Gris.

#### **4.2.7.7. CONDUCTORES**

- a) La designación de las fases de la barra serán A, B, C, vistos de adelante hacia atrás, de arriba a abajo o de izquierda a derecha, visto desde el frente del Switchgear.
- b) El Switchgear tendrá una barra horizontal de alimentación principal y una barra de tierra a lo largo de toda la estructura. Todas las conexiones serán atornilladas a través de enlaces y todo el equipo necesario para interconectarse a la barra será suministrado.
- c) Las múltiples secciones de la barra principal tendrán la misma capacidad de corriente en todos los puntos.
- d) La barra de tierra que conecta las múltiples secciones verticales tendrá la misma capacidad de corriente en todos los puntos.
- e) Toda la barra del circuito principal estará aislada. El sistema de aislamiento deberá cumplir los siguientes criterios:
- Aislamiento para el voltaje nominal entre fases del sistema y no se aislará los puntos de conexión.
  - Conexiones a la barra de los cables del circuito principal se cubrirán con botas aislantes apropiadas en el sitio de extracción.

- Cada superficie de conexión con el circuito principal de la barra estará atornillada con un mínimo de cuatro tornillos. En el diseño del sistema de sujeción se debe incorporar elementos que mantengan la compresión sobre la conexión y evitar que se aflojen.

#### **4.2.7.8. MATERIAL**

- a) Todos los conductores serán de cobre, plata y aleaciones de estos materiales con la excepción de las partes internas de los dispositivos pre-fabricados (por ejemplo, breakers, relés, transformadores, etc.).
- b) Todos los conductores conectados al circuito principal y al sistema de conexión a tierra serán de un material rígido con la excepción para tramos cortos de cable (menos de 300 mm) estos pueden ser utilizados para conectar los transformadores de potencial o control al circuito principal o para conectarse al sistema de puesta a tierra. Estos conductores deben cumplir los siguientes criterios:
  - Los cables no deben pasar entre los cubículos.
  - Los cables no se encontrarán dentro del gabinete de la barra del circuito principal.
- c) Las superficies de contacto en el circuito principal serán de plata.

- d) Los aisladores de las barras o materiales aislantes serán de cerámica u otro material higroscópico que soporte la temperatura y sea retardante al fuego.
- e) Todo el cableado de bajo voltaje tendrá las siguientes características:
- Los conductores serán de mínimo de 7 hilos de alambre de cobre.
  - El calibre mínimo a ser utilizado es el de 2,5 mm<sup>2</sup> o 14 AWG.
- f) Para los conductores de bajo voltaje:
- Tendrá un aislamiento mínimo de 600 V fase-a-tierra.
  - Tendrá un aislamiento de espesor mínimo de 0,38 mm (15 milésimas de pulgada).
  - Poder operar a una temperatura mínima continua de 75 °C húmedo / 90 ° C en seco.
- g) Para los conductores conectados al circuito principal:
- Deben tener un aislamiento mínimo de 15 KV (5,5 mm) para equipos de 6,6 KV a 13,8 KV. La dimensión entre paréntesis es el espesor de aislamiento mínimo.
- h) Operar a una temperatura continua de operación de 90 °C.

- i) Los materiales aislantes deben ser de material polímero reticulado termoplástico.
- j) Los materiales aislantes deben ser constructivamente retardantes a la llama.
- k) El color del aislamiento será como se indica:
  - Puesta a tierra verde-sólido rayado verde/amarillo.
  - Neutro blanco o gris natural.
  - Fases, negro y rojo.
- l) El aislamiento de bajo voltaje, aislamiento de cables, temperatura nominal de aislamiento y capacidad de corriente serán seleccionados para que coincida con la temperatura nominal de los dispositivos a los que se está conectando.
- m) Las conexiones de bajo voltaje deben ser de acuerdo a ANSI / NFPA 70, Tipo SIS.

#### **4.2.7.9. TERMINALES**

- a) Para los terminales se procura usar uno o dos agujeros.
- b) Todos los cables superiores a 250 kcmil o 125 mm<sup>2</sup> dispondrán conectores de compresión.
- c) Con excepción de los circuitos secundarios de los Transformadores de corriente todos los cables con aislamiento de 240V o menos utilizarán conectores de compresión de anillos, horquilla o un diseño similar que evite que el conector se salga por accidente o por un tornillo o perno flojo.

- d) Los circuitos secundarios de los transformadores de tierra dispondrán terminales tipo anillo de compresión. Estos deberán evitar que el conector se salga a menos que se retire el tornillo, perno o tuerca.
- e) Los Conectores serán utilizados para el tipo y dimensión de los conductores autorizados por el fabricante del conector.
- f) El tamaño, tipo y número de conductores de alimentación del circuito principal serán mostrados en los documentos pertinentes.
- g) Cada conductor será marquillado con un identificador termoplástico, antideslizante sobre cada extremo del conductor. El sistema de marcado será el siguiente:
- El Tag del cable será único en cada cubículo.
  - El identificador estará en cada extremo del cable.
  - Las marcas serán con caracteres impresos.
  - No se usarán marcas de tipo adhesivo.
- h) A menos que los circuitos del transformador de corriente se conecten a través de borneras de prueba o borneras desenchufables del relé, se proveerá un juego de borneras que permitan el cortocircuito para este circuito. Este juego de borneras se incluye dentro del compartimento de bajo voltaje.
- i) Las borneras de conexión para los circuitos de bajo voltaje tendrán las siguientes características:

- Ser etiquetadas de fábrica para indicar que cumplen con las normas.
- El voltaje nominal de funcionamiento será mínimo para 600V.
- La corriente continua nominal mínima será de 20A.
- Se podrá instalar en riel o en cualquier panel.
- Ser estilo abierto con terminales de tornillo.
- Para un funcionamiento de 75°C.
- Se ubicará máximo un conductor por conector y máximo dos por cada punto de conexión.

j) Todos los puntos de conexión podrán operar a 75 °C.

k) Todos los cubículos podrán soportar los cables periféricos, como cables hacia la carga, cables de alimentación, cable de control, etc. Para minimizar la carga mecánica sobre las conexiones.

#### **4.2.7.10. PUESTA A TIERRA**

a) Un contacto de puesta a tierra se incluye en el circuito principal del compartimento del disyuntor. Este contacto se conectará a la barra de puesta a tierra a través de un conductor rígido (es decir, no por cable) y aterrizará el marco del disyuntor, mientras se encuentre en la posición de prueba y conectado.

#### **4.2.7.11. SISTEMA DE CALEFACCIÓN**

- a) Los elementos de calefacción serán para servicio continuo y con una amplia vida de uso el voltaje nominal será aproximadamente el doble de voltaje de suministro (por ejemplo, si la tensión de suministro es de 121VAC, el rango del calentador será de 209.3V, 230V, 240V etc.). Se debe tener en cuenta que el requisito en la potencia nominal del calentador es alrededor de cuatro veces el requisito de potencia real.
- b) Se incluirá por lo menos un calentador por cada sección vertical y deberá ser diseñado para eliminar la condensación interior en las peores condiciones de servicio.

#### **4.2.7.12. DISYUNTORES DEL CIRCUITO DE POTENCIA**

- a) Los disyuntores serán de tipo extraíbles para la inserción y extracción, provistos con un auto alineamiento de contactos, con una operación trifásica, aislados en aire.
- b) Los disyuntores permitirán una apertura libre eléctrica y mecánicamente, y permitirán un cierre y apertura por mando eléctrico remoto y local.
- c) El disyuntor estará equipado con un mecanismo de almacenar la energía con las siguientes características:

- El almacenamiento de energía será suficiente para una apertura-cierre-apertura de la operación en la capacidad nominal (por ejemplo, en el caso de una corriente nominal de cortocircuito).
  - Un indicador mecánico en la parte frontal del interruptor presentará una indicación visible de la carga de los resortes en condición de carga.
  - Una bobina de apertura en paralelo al mecanismo será provisto.
  - Un actuador mecánico (ejemplo, pulsador, palanca, etc.) será proporcionado en la parte delantera del disyuntor para la apertura o cierre del disyuntor.
  - El diseño permitirá automáticamente recargar los resortes inmediatamente después de una descarga completa.
  - El tiempo de recarga no será superior a 10 segundos.
- d) El disyuntor estará equipado con un contador de operaciones que funciona sólo durante el ciclo de apertura.
- e) El mecanismo del disyuntor permitirá ubicarse en cualquiera de las posiciones: Conectado, Prueba, y Desconectado con las puertas cerradas.
- f) El disyuntor dispondrá de ruedas en la parte inferior que le permita moverse luego de ser removido del Switchgear.
- g) Una barrera que proteja a los contactos del disyuntor caerá cuando se extrae el disyuntor.

- h) La conexión a los contactos del circuito fijo principal será a través de auto-alineación de los contactos.
- i) El número de operaciones de las partes del disyuntor deben ser capaces de soportar 100.000 operaciones sin reemplazo de ninguna de ellas. El tiempo de apertura debe ser de 3 ciclos. Los disyuntores para propósitos generales deben cumplir con los requerimientos de las últimas revisiones del Standard ANSI C37.04, C37.06, C37.09, para aplicaciones de 5, 15 y 27KV.
- j) Cada disyuntor del circuito tendrá un interruptor auxiliar con un mínimo de cuatro contactos auxiliares disponibles, conectados a los bloques de terminales dentro de la carcasa de los componentes de baja tensión. Estos contactos serán adicionales a los requeridos para el control del disyuntor, la indicación y el control de la calefacción.
- k) El disyuntor estará equipado con un indicador mecánico en la parte frontal para dar una indicación visual de la posición de abierto o cerrado de los polos del interruptor.
- l) Los interruptores serán de la misma capacidad para permitir eléctrica y mecánicamente intercambiarlos en el Switchgear.
- m) Las conexiones del cableado auxiliar de control entre la estructura fija y elementos extraíbles tendrá las siguientes características:
  - Los contactos en la estructura fijos serán de tipo clavija hembra y los contactos en el elemento extraíble serán tipo macho.

- Las conexiones deberán ser automáticas o manuales. Si es manual, todas las conexiones del grupo deben conectarse simultáneamente.
- n) El medio de interrupción del disyuntor principal será en vacío. Esto se indicará en la hoja de especificaciones.

#### **4.2.7.13. BREAKERS DE BAJO VOLTAJE**

- a) Los Breakers de bajo voltaje tendrán las siguientes características:
- Construcción de caja moldeada.
  - Los terminales serán de tipo tornillo.
  - Las terminales serán accesibles sin tener que quitar el interruptor de su conjunto de montaje.
- b) Los breakers de bajo voltaje deben tener las siguientes características:
- Serán diseñados y probados cumpliendo el requerimiento de NEMA AB-1 y UL489.
  - Aislamiento nominal mínimo de 600V.
  - Estructura nominal mínima de: 100A.
  - Capacidad de Corriente de cortocircuito nominal mínima de 10 KA.

#### 4.2.7.14. INTERBLOQUEO

a) Deben permitir un bloqueo para prevenir lo siguiente:

- El mecanismo del disyuntor sea operado, sin tomar las debidas precauciones.
- Si dispone de un seccionador de puesta a tierra para prevenir que se conecte a tierra antes de desconectarlo de esta posición.

b) El diseño del bloqueo tendrá las siguientes características:

- Sólo se debe proporcionar un bloqueo, la excepción es que, si se proporciona más de una disposición de bloqueo, un bloqueo individual en cualquiera de las posiciones será requerido para cumplir con los requisitos indicados por el estándar.

c) Se proporcionará un bloqueo (o un medio por el cual el acceso mecánico permite acciones desactivación permanente) para:

- Evitar el cierre de los polos del disyuntor, si este se encuentra conectado en el modo de prueba.
- Prevenir que el disyuntor sea retirado o conectado al circuito principal, si se encuentran cerrados los polos.

- Con el disyuntor en la posición de conectado, evitar que las conexiones auxiliares de control sean separadas.
  - Prevenir que el disyuntor sea insertado en la posición de conectado hasta que los circuitos auxiliares de control estén conectados.
  - Prevenir el acceso a los fusibles, que están conectados al circuito principal hasta que se los haya desconectado del circuito principal.
- d) Si se utiliza el seccionador de puesta a tierra, para:
- Prevenir que este sea conectado mientras el disyuntor esté conectado.
  - Prevenir la inserción del disyuntor en la posición de conectado mientras el seccionador esté cerrado
- e) Todos los elementos mecánicos de bloqueo serán de construcción resistente, diseñados para funcionar con frecuencia y mantener una función de enclavamiento repetible.

#### **4.2.7.15. PROTECCIÓN, CONTROL Y MEDICIÓN**

- a) Todos los elementos de control se ubicarán a un máximo de 1.800 m de la base de la sección vertical.
- b) Todos los dispositivos contarán con terminales de tornillo.
- c) Todos los paneles que lleven luces de indicación, conmutadores y botones utilizarán elementos de 22mm o 30mm para el montaje.

#### **4.2.7.16. FUSIBLES**

- a) No se utilizarán fusibles conectados al circuito principal, con excepción de los que se utilizan para los transformadores de control y medición.
- b) Todos los fusibles tendrán las siguientes características:
  - No deben ser reutilizables.
  - El cuerpo del fusible será de un material resistente.
- c) Los fusibles conectados al circuito principal garantizará que se desconecte los fusibles del circuito principal antes de que se puede acceder al fusible.
- d) Todos los fusibles suministrados para los circuitos auxiliares y de control serán para voltaje mínimo de 600V.

#### **4.2.7.17. RELÉS DE PROTECCIÓN**

- a) Los relés de protección serán montados en el cubículo, a prueba de suciedad, estos pueden ser probados sin necesidad de desmontarlos del panel.
- b) El Switchgear incluirá un relé de protección de arco interno en todos los cubículos, sección de las barras principales, terminales de conexión al circuito principal y a los terminales de todos los disyuntores
- c) Los relés de protección utilizados para cada sección tendrán las siguientes características:

- Posibilidad de ser configurable, para aplicaciones especiales.
- Entradas y salidas analógicas y digitales.
- Posibilidad de revisión de registros en formato COMTRADE, (Common Format for Transient Data Exchange) IEEE C37.111-1991.
- Funciones de protección configurables.
- Registro con un mínimo de 32 muestras por ciclo.
- Posibilidad de sincronización de tiempo mediante GPS.
- Integración al Sistema como un elemento de control programable.
- Puertos de comunicación: Ethernet, RS232, RS485,
- Comunicación para los siguientes protocolos: Modbus RTU y TCP/IP, DNP3.0 RTU y TCP/IP, IEC61850, IEC 60870-5-104, Ethernet Global Data (EGO).
- Medición de armónicos.
- Cables de comunicación y software para comunicación.

#### **4.2.7.18. TRASFOMADORES DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL**

- a) Los transformadores tendrán un rango de 5A secundarios y el rango de corriente primaria dependerá de la aplicación final.
- b) Todos los transformadores de corriente dispondrán de terminales que permitan cortocircuitar sus terminales.

- c) Los transformadores de corriente estarán etiquetados con todos sus parámetros.
- d) La parte de alto voltaje de todos los transformadores de tensión y de control estarán provistos de un fusible en cada fase.
- e) Los transformadores de potencial serán desmontables, cuando este se encuentre fuera de su posición de conectado los fusibles estarán completamente desconectados.
- f) El valor nominal de voltaje secundario de los transformadores de potencial será de 121V.
- g) Se incluirá un fusible para cada conductor secundario sin conexión a tierra en los transformadores de potencial y control.
- h) Los transformadores de control serán de tipo seco. Los valores nominales de los transformadores de corriente serán indicados mediante etiquetas.
- i) La potencia nominal de los transformadores de instrumentación y control serán de mínimo 125% de la carga instalada.
- j) Los rangos térmicos y mecánicos del transformador de corriente serán similares a la capacidad de cortocircuito del disyuntor principal.
- k) Para los transformadores de potencial y control, durante el proceso de desconexión de los fusibles del circuito principal ocurrirá lo siguiente:
  - Los terminales primarios del transformador quedarán automáticamente conectados a tierra.

- El circuito secundario será desconectado automáticamente, puesto a tierra, o ambos.
- 1) El lado secundario de los transformadores de potencial y control será de 121VAC.

#### **4.2.7.19. LUCES DE INDICACIÓN.**

Las luces de indicación cumplirán las siguientes características:

- a) El diseño será capaz de soportar el cortocircuito permanente de los terminales de las luces. En estas condiciones, el conjunto de conmutación deberá funcionar normalmente.
- b) Las luces serán de tipo LED de alta densidad (diodo emisor de luz). Las luces LED deben ser de una intensidad luminosa similar a una luz incandescente.
- c) Las luces serán reemplazables en el campo de la parte delantera. Las luces indicadoras individuales serán semi-empotradas en la puerta de compartimiento de baja tensión asociado con cada interruptor de circuito. Las luces que indiquen lo siguiente:
  - Rojo: Parado (Off) abierto.

- Verde: Running (On) Cerrado, estas luces se controlan a través de los contactos auxiliares del Interruptor.
- Naranja: Esta luz monitoreará la integridad de bobinas de disparo y terminaciones asociadas y cableado. La luz debe responder directamente, o indirectamente (es decir, a través de los contactos de un relé), el flujo de corriente a través de la bobina de disparo.

#### **4.2.7.20. EQUIPOS DE MEDICIÓN**

a) El sistema de medición tendrá las siguientes características:

- Estará montado en la puerta del compartimento de bajo voltaje asociado a cada cubículo.
- Dispondrá de una precisión menor a 1%.

b) Cada barra indicará que está energizada con un equipo de las siguientes características:

- Monitoreo de voltaje de las tres fases.
- La escala de medición corresponde al voltaje nominal del Switchgear.

#### **4.2.7.21. MULTIMEDIDORES**

Cada cubículo dispondrá de un Multimetro con las siguientes características:

- a) Capacidad de ser configurable.
- b) Entradas y salidas analógicas y digitales.
- c) Realizará las mediciones de voltaje, corriente, potencias, factor de potencia en valores por fase y trifásicos, energía, contenido armónico, frecuencia, medición de transitorios de las señales como sags (ausencia de voltaje por un periodo menor de un segundo en las líneas), swells (incremento de voltaje significativo por un periodo menor de un segundo en las líneas eléctricas).
- d) Medición de valores instantáneos, de demanda, y guardar históricos de medición.
- e) Obtención de un muestro mínimo a 32 muestras por ciclo.
- f) Capacidad de comunicación mediante puertos seriales, RS232, RS485, Ethernet.
- g) Comunicación utilizando los siguientes protocolos de comunicación: Modbus master, Modbus RTU, Modbus TCP, DNP3.
- h) Sincronización para integrarse a un sistema SCADA.

#### **4.2.7.22. RELÉS AUXILIARES Y DE CONTROL.**

Todos los relés auxiliares y de control cumplirán las siguientes características:

- a) La construcción de los contactos permitirá la utilización de los contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados, contactos de construcción universal, de construcción permanente.
- b) Las terminales serán de tipo tornillo.
- c) Las terminales serán accesibles sin tener que mover el relé de su montaje.

#### **4.2.7.23. ACCESORIOS**

- a) Se incluirá un conjunto completo de herramientas especiales, que se requiere para el mantenimiento del equipo (por ejemplo, medir el desgaste de los contactos del interruptor llave de ajuste del interruptor, llave de los compartimentos, herramientas adicionales, equipos de bloqueo, cable de pruebas etc.).
- b) Se incluirá un set de equipos que permitan la elevación y manipulación de dispositivos desenchufables, que permitan mecánicamente levantar del nivel del suelo o retirar cualquier componente (por ejemplo, disyuntores, transformadores de tensión, etc.) debe soportar un peso de mínimo 20 Kg.
- c) Se incluirá un gabinete de pruebas para la verificación del funcionamiento y pruebas del disyuntor cuando se encuentre fuera del gabinete. Este gabinete debe operar a un voltaje nominal de 121VAC.

- d) Se incluirá transformadores de corriente de fase para protección tipo toroidal, para realizar la protección diferencial del transformador, como se indica en la hoja de especificaciones.

#### **4.2.7.24. DATOS DE PLACA**

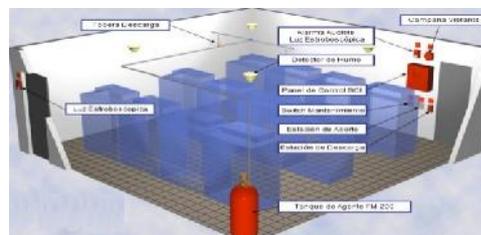
- a) Todos los datos de placa y Tags vienen adjuntos con el equipo.
- b) En los datos de placa se incluirá, la orden de compra del fabricante, fecha, y designación de catálogo, además se indicará la norma de fabricación del Switchgear.
- c) Todos los dispositivos montados en el panel se identificarán en la parte frontal del panel y otra adyacente en la parte posterior del dispositivo.
- d) Los avisos de advertencia se incluirán en cada puerta del compartimiento del Switchgear, estos deben decir "PRECAUCIÓN – ALTO VOLTAJE" ó similar. Estas placas serán de plástico laminado con caracteres blancos sobre fondo rojo y deben estar escritas en español e inglés.

#### **4.2.8. DISEÑO DE SISTEMA DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS**

Mediante el proceso de diseño del sistema de detección y extinción de incendios del PCR Contenerizado se pretende establecer la configuración a desarrollarse, con la selección de equipos, definición de alcance, descripción de

operación y mantenimiento del sistema global. Es importante notar que el sistema se compone de dos subsistemas denominados detección y extinción.

El subsistema de detección es toda la infraestructura encargada de monitorear las áreas físicas expuestas a eventos de incendios y de emitir las señales de alerta hacia el Panel de Control de Incendios denominado PLAC-CP-SCI-001, de modo que se ejecuten acciones preventivas y correctivas. El subsistema de extinción es toda la infraestructura encargada de ejecutar acciones que apuntan a apagar el posible incendio detectado. Ambos subsistemas interactúan entre sí, gracias a un sistema de control central que canaliza funciones obedeciendo una filosofía de operación preestablecida.



**Figura 4.24. Esquema del Sistema de Control de Incendios**

**Fuente: (Khan, 2012)**

El PCR Contenerizado está dividido en dos áreas independientes denominadas cuarto eléctrico y cuarto de baterías, estas contarán con un sistema de detección y extinción de incendios basado en el agente extintor FM-200 series Gamma con capacidad de llenado de 76.2 Kg para el cuarto eléctrico y FM-200 serie Beta 55 con capacidad de llenado de 15.8 Kg para el cuarto de baterías.

El cuarto eléctrico requiere de cuatro detectores de humo fotoeléctricos para abarcar toda el área a proteger, mientras el cuarto de baterías tan solo requiere de dos detectores.

Si se produce un incendio estos detectores enviarán una señal al tablero de control el cual discriminará el área donde se haya producido la detección, para efectuar acciones de alarma preventivas, y como último recurso, la descarga del agente extintor.

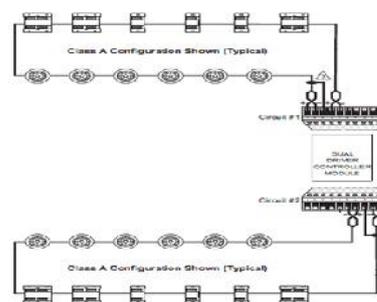
La descarga solo se generará siempre que el tablero de control haya recibido la confirmación mediante la activación de 2 o más sensores, ya que si recibe la señal de un solo sensor, únicamente activará las alarmas ubicadas en el área de detección.

Cada área contara con un sistema de descarga independiente es decir se instalará un tanque de FM-200 en cada una de ellas. Los tanque de FM-200 estarán conectados mediante tubería de acero de 1" clase 300 cedula 40 a su respectiva tobera que se encontrará ubicada en la mitad del área a proteger, esta se activara cuando el tablero de control inteligente envié una señal a la solenoide de 24VDC, que controla la apertura y cierre del tanque.

El tanque de FM-200 será instalado en cada área ya que su ubicación debe ser lo más cercana posible al lugar a proteger y de fácil acceso al personal de operaciones de acuerdo a la norma NFPA 2001 artículo 4.1.3.

El panel de control PLAC-CP-SCI-001 será instalado el cuarto eléctrico desde donde recibirá las señales de los detectores de humo, estación de aborto o estación de descarga para enviar las señales de acción correspondientes hacia la campana de alarma vibrante, luces estroboscópicas o solenoides de los tanques de FM-200.

Todos los dispositivos que constituyen el sistema contra incendios serán conectados al panel de control que tiene la capacidad de hasta 255 dispositivos, en configuración circuito clase A.



**Figura 4.25. Sistema contra incendios, configuración circuito Clase A**

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

Esta clase de circuito permite determinar y diferenciar entre un estado de alarma y una apertura de circuito (condición de falla). La ventaja de circuito clase A es que en caso de apertura del circuito todos los dispositivos siguen interactuando con la central.

Conforme la especificación y estructuración del Sistema contra Incendios, se generan los documentos de ingeniería pertinentes, detallados a continuación:

- a) Anexo AB - Ubicación de Equipos e Instrumentos SCI.
- b) Anexo AC - Diagrama de Conexión PLAC-CP-SCI-001.
- c) Anexo AD - Diagrama de Conexión de Aires Acondicionados con SCI.
- d) Anexo AE - Ruteo de Cables del SCI.
- e) Anexo AF - Ruta Tubería de Descarga FM-200, SCI.
- f) Anexo AG - Diagrama de Bloques SCI.

#### **4.2.8.1. ESPECIFICACIÓN DE SISTEMA DE DETECCIÓN**

##### **a) Detectores de humo.**

El detector de humo es un dispositivo que detecta las partículas visibles o invisibles generadas por la combustión.



**Figura 4.26. Detector de Humo**

**Fuente: (CHEMETRON SCI FM200, 2014)**

Las características del detector de humo se detallan en la Tabla 4.25.

**Tabla 4.25. Características de Detector de Humo**

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Rango de sensibilidad	ULI / ULC - 0,5% a 3,5% de oscurecimiento /pie
Pre-alarma de sensibilidad	Incrementos de 1.5%/ pie
Voltaje de funcionamiento	16,5 a 27,5Vdc (19Vdc nominal)
Corriente de funcionamiento	Reposo: 350µA @ 19V / alarma: 425µA @ 19V de emergencia independiente del modo de alarma
Temperatura de operación	32°F a 100°F (0°C a 38 °C)
Área de cobertura	20 Ft a la redonda
Marca	Chemetron

**Fuente: (CHEMETRON SCI FM200, 2014)**

De acuerdo al requerimiento de sensores en cada una de las áreas del PCR, en la Tablas 4.26. se detalla la disposición de cada uno de ellos, así como el Tag Name que se usará:

**Tabla 4.26. Detectores de Humo, disposición y Tag**

ITEM	TAG	DESCRIPCION	AREA
1	SD-001	DETECTOR DE HUMO	CUARTO EQUIPOS ELÉCTRICOS
2	SD-002	DETECTOR DE HUMO	CUARTO EQUIPOS ELÉCTRICOS
3	SD-003	DETECTOR DE HUMO	CUARTO EQUIPOS ELÉCTRICOS
4	SD-004	DETECTOR DE HUMO	CUARTO EQUIPOS ELÉCTRICOS
5	SD-005	DETECTOR DE HUMO	CUARTO DE BATERÍAS
6	SD-006	DETECTOR DE HUMO	CUARTO DE BATERÍAS

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

Los detectores de humo en el cuarto de equipos eléctricos, serán instalados a una distancia de 3m en lateral y de 1.5m en vertical, la misma que asegura la apropiada detección de humo según las dimensiones del cuarto; mientras que en el

cuarto de baterías se colocarán dos sensores instalados simétricamente para que cubran el área en su totalidad.

**b) Dispositivos de Alarma, visibles y audibles.**

El sistema contra incendios dispone de 2 dispositivos lumínico sonoros interiores, uno en el cuarto de equipos eléctricos y otro en el cuarto de baterías, adicional se tiene 1 dispositivo campana vibrante exterior, que indicarán el momento en que se detecte un posible incendio. La Tabla 4.27. muestra la disposición de elementos de alarma, así como su Tag Name.

**Tabla 4.27. Dispositivos de Alarma, disposición y Tag**

ITEM	TAG	DESCRIPCION	AREA
1	XA-001	BOCINA ESTROBO	CUARTO EQUIPOS ELÉCTRICOS
2	XA-002	BOCINA ESTROBO	CUARTO DE BATERÍAS
3	XA-003	CAMPANA VIBRANTE	EXTERIOR

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

**c) Dispositivos de accionamiento manual.**

A más de los dispositivos antes mencionados, el sistema posee interruptores de accionamiento y aborto manual del sistema. Los cuales descargan o detienen la emisión del FM-200.

**Tabla 4.28. Dispositivos de accionamiento manual, disposición y Tag**

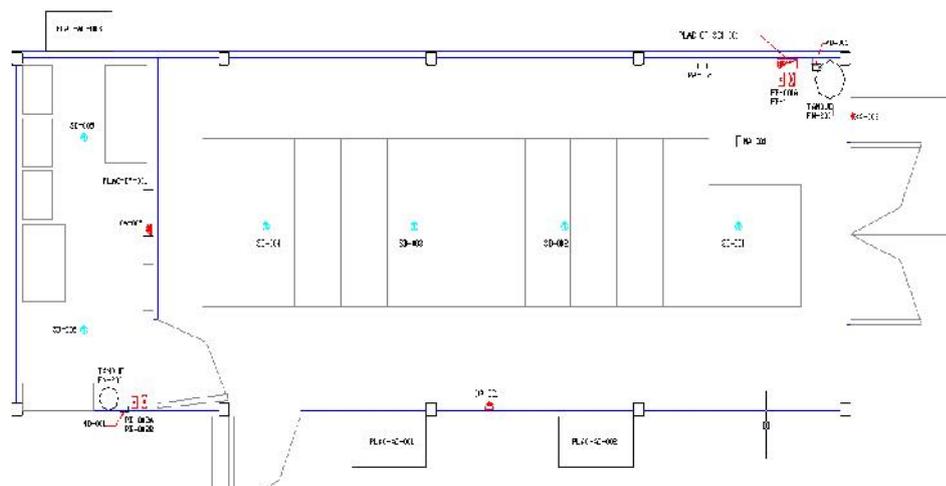
ITEM	TAG	DESCRIPCION	AREA
1	PB-001A	ESTACION MANUAL DE DESACTIVACIÓN	CUARTO EQUIPOS ELÉCTRICOS
2	PB-001B	ESTACION MANUAL DESCARGA	CUARTO EQUIPOS ELÉCTRICOS
3	PB-002A	ESTACION MANUAL DE DESACTIVACIÓN	CUARTO DE BATERÍAS
4	PB-002B	ESTACION MANUAL DESCARGA	CUARTO DE BATERÍAS

**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

**d) Ubicación de elementos de detección en área total del PCR.**

En la Figura 4.27. se muestra la ubicación de los elementos del sistema de detección del sistema contra incendios. Mayor detalle en los Anexos AC y AG.

**Figura 4.27. Ubicación de dispositivos del sistema de detección del PCR**



**Fuente: (PIL S.A., 2013)**

#### 4.2.8.2. DIMENSIONAMIENTO SISTEMA DE EXTINCIÓN

Para el cálculo del sistema de descarga del FM-200 se utiliza el software: “FM-200 Hydraulic Flow Calculation Program”, programa licenciado de Chemetron. (CHEMETRON SCI FM200, 2014).

Se muestra los resultados del análisis del sistema global se muestra a continuación separado por áreas.

##### a) Cuarto de Equipos Eléctricos

Cuarto Electrico	Chemetron Fire Systems (tm)
------------------	--------------------------------

---

FM-200 Hydraulic Flow Calculation Program  
Results  
CHEM-200 10.5.0.0  
Agencies Approval/Listing: UL(ULI) Ex4655, ULC CEx1200, Factory Mutual

---

Project Name:  
Location: Oriente  
Hazard Name: Cuarto Electrico

---

System Information

Storage Pressure (psig):	360	Average Cyl Pressure (PSIA):	259.0
Ave Initial Pipe Temp (F):	70.0	Fill Density (lbs/cu.ft.):	42.92
Percent Agent in Pipe:	26.2	Average Discharge Time (sec):	9.8
Quantity of Cylinders:	1	Type of Cylinder:	Gamma 250
Amount per Cylinder (lbs):	168	Total Amount of Agent (lbs):	168
Altitude Relative to Sea (ft):	0		

Hazard Information

Hazard: central  
 Concentration Required: 7  
 Nozzle(s): 301 360' Radial Nozzle  
 302 360' Radial Nozzle  
 Hazard Type: Class C Fire  
 Temperature (F): 70.

Dimensions (ft): 31.91 X 13.12 X 11.48

Agent Required: (lbs) 163.91

Piping Model Results

Section Start	Section End	Pipe Size (in)	Length (ft)	Elev (ft)	EQL (ft)	Tee	Start (PSIA)	Term	Flow (lbs/sec)
1	2	2 -SCH 40	0.0	3.5	51.0	MFLD	259.0	250.0	21.7
2	3	1 1/2-SCH 40	8.8	7.9	13.5		250.0	236.0	21.7
3	4	1 1/2-SCH 40	21.0	0.0	25.7		236.0	224.0	21.7
4	301	1 -SCH 40	8.5	-0.3	16.4	BULL	224.0	205.0	10.9
4	302	1 -SCH 40	8.5	-0.3	16.4	BULL	224.0	205.0	10.9

Enclosure Area	Enclosure Volume (cu.ft)	Agent Required (lbs)	Agent Discharged (lbs)	Concentration Requested / Achieved
central	4806.21	163.9	168.0	7.00 / 7.16

Nozzle Information

Nozzle ID	Size (in)	Stock Number	Style	Drill Dia (inches)	Drill Size	Total Orifice Area (sq.in.)	Discharged (lbs)
301	1 -SCH 40	10371363	F	0.2380	b	.356	84.00
302	1 -SCH 40	10371363	F	0.2380	b	.356	84.00

No Errors  
 Time and date of calculation 18:22:34  
 Calculation performed with version 10.5.0.0

**b) Cuarto de Baterías**

Cuarto Transformacion y UPS

Chemtron  
 Fire Systems (tm)

FM-200 Hydraulic Flow Calculation Program  
 Results  
 CHEM-200 10.5.0.0  
 Agencies Approval/Listing: UL(ULI) Ex4655, ULC CEx1200, Factory Mutual

Project Name:  
 Location: Oriente  
 Hazard Name: Cuarto Transformacion y UPS

System Information

Storage Pressure (psig):	360	Average Cyl Pressure (PSIA):	279.0
Ave Initial Pipe Temp (F):	70.0	Fill Density (lbs/cu.ft.):	44.55
Percent Agent in Pipe:	8.2	Average Discharge Time (sec):	9.9
Quantity of Cylinders:	1	Type of Cylinder:	Beta 55
Amount per Cylinder (lbs):	35	Total Amount of Agent (lbs):	35
Altitude Relative to Sea (ft):	0		

## Hazard Information

Hazard: central  
 Concentration Required: 7

Hazard Type: Class C Fire  
 Temperature (F): 70.

Nozzle(s): 301 360' Radial Nozzle

Dimensions (ft): 13.12 X 6.56 X 11.48

Agent Required: (lbs) 33.70

## Piping Model Results

Section Start	Section End	Pipe Size (in)	Length (ft)	Elev (ft)	EQL (ft)	Tee	Start (PSIA)	Term (PSIA)	Flow (lbs/sec)
1	2	1 1/4-SCH 40	0.0	2.1	60.0	MFLD	279.0	276.0	4.5
2	3	1/2 -SCH 40	10.3	9.3	12.2		276.0	227.0	4.5
3	301	1/2 -SCH 40	7.5	-0.3	10.6		227.0	189.0	4.5

Enclosure Area	Enclosure Volume (cu.ft)	Agent Required (lbs)	Agent Discharged (lbs)	Concentration Requested / Achieved
central	988.05	33.7	35.0	7.00 / 7.25

## Nozzle Information

Nozzle ID	Size (in)	Stock Number	Style	Drill Dia (inches)	Drill Size	Total Orifice Area (sq.in.)	Discharged (lbs)
301	1/2 -SCH 40	10371361	F	0.1660	19	.173	35.00

No Errors

Time and date of calculation 18:34:26

Calculation performed with version 10.5.0.0

#### 4.2.9. ESPECIFICACIÓN DEL TABLERO DE COMUNICACIONES

Como se ha verificado a lo largo del presente trabajo, el estándar para los equipos eléctricos principales de un PCR requiere facilidades de comunicación, siendo necesario, al menos lo siguiente:

- a) Puertos de Comunicación: Ethernet, RS232, RS485.
- b) Protocolos de Comunicación: Modbus RTU, Modbus TCP/IP, DNP3, TCP/IP.

Esta sección describe la especificación del Tablero de Comunicaciones, necesario como complemento para la construcción del PCR Contenerizado.



**Figura 4.28. Tablero de Comunicaciones Switch / FO**

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

La estructura y configuración del Tablero de Comunicaciones tiene las siguientes características y componentes:

- a) Armario de acero NEMA 12.
- b) Alimentación 121VAC, 60Hz de energía con respaldo.
- c) Fuente de alimentación 24VDC, con redundancia.
- d) 2 Switch de comunicación capa 3 de 8 puertos con sus respectivos módulos de fibra.
- e) 3 Patch Panel de 12 puertos.
- f) 2 Patch Panel de fibra óptica.
- g) Borneras de conexión para la entrada y salida de las señales de campo y alimentación AC /DC.
- h) Canaletas y cableado.

- i) Marquillas en cableado e identificación de los componentes internos del Tablero.

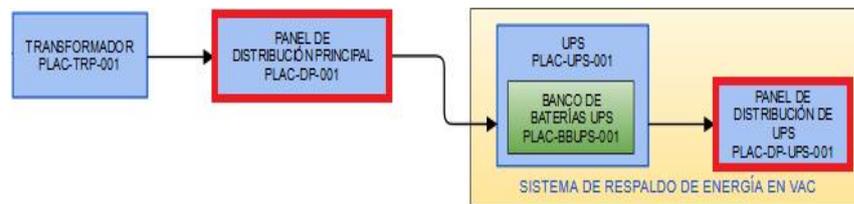
Para el diseño y construcción del Tablero de Comunicaciones se sigue las recomendaciones dadas conforme la IEEE 1613, IEEE 1588v2, IEEE 802.1 AR, NEC Art. 800 -810 – 820 – 830, UL 67, UL 508 o equivalentes.

En consecuencia del proceso de especificación del Tablero de Comunicaciones, se concluye en la generación de los siguientes documentos de ingeniería:

- a) Anexo AH - Conexionado Interno Panel PLAC-COMM-001.
- b) Anexo AI - Layout Interno Panel PLAC-COMM-001.
- c) Anexo AJ - Layout Externo Panel PLAC-COMM-001.

#### **4.2.10. ESPECIFICACIÓN DE TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN**

El PCR Contenerizado, para su correcto funcionamiento, en su estructura considera el uso de 2 Tableros de Distribución, conforme detalla esquema de la Figura 4.29.



**Figura 4.29. Tableros de Distribución PLAC-DP-001 / PLAC-DP-UPS-001**

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

La denominación y aplicación de cada uno de los Tableros de Distribución es la siguiente:

**Tabla 4.29. Descripción Tableros de Distribución PLAC-DP-001 / PLAC-DP-UPS-001**

PANEL	TAG	CARÁCTERÍSTICAS
Panel de Distribución Principal	PLAC-DP-001	Se energiza desde Transformador PLAC-TRP-001. Suministro de energía a cargas internas a un nivel de Tensión de 209.3/121VAC - 3 Fases - 4 Hilos (3L+GND).
Panel de Distribución de UPS	PLAC-DP-UPS-001	Se energiza desde el UPS PLAC-UPS-001. Suministro de energía a cargas internas a un nivel de Tensión de 209.3/121VAC - 1 Fase - 4 Hilos (2L+N+GND).

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

Para el desarrollo de una sala eléctrica, las regulaciones a considerarse en un tablero de distribución se enmarcan dentro de las normativas NEC, NEMA, ANSI, IEEE, y con particular énfasis en los siguientes ítems ANSI C971, NEMA AB1,

NEMA PB1, UL 50, UL 67, NEMA ICS, NEMA KSI y NEC Art. 408, Art. 404.8, Art. 110.26 (Tabla 3.1., 2014). En base a las especificaciones de esta sección se generan planos de ingeniería, conforme el siguiente detalle:

- a) Anexo AK - Diagrama Unifilar Panel PLAC-DP-001
- b) Anexo AL - Diagrama Unifilar Panel PLAC-DP-UPS-001

#### **4.2.10.1. ESPECIFICACIÓN DE PANEL DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL PLAC-DP-001**

Las cargas a las que el Panel PLAC-DP-001 suministra energía, junto con su tensión de operación, potencia y corriente sugerida para el Breaker de protección de cada carga se muestra mediante la Tabla. 4.30.

**Tabla 4.30. Cargas del Panel PLAC-DP-001**

<b>ITEM</b>	<b>CARGA</b>	<b>TENSIÓN</b>	<b>POTENCIA</b>	<b># P</b>	<b>I BREAKER</b>
1	Iluminación Sala de Equipos	121V	512W	1	15A
2	Tomas Sala de Equipos	121V	2000W	1	20A
3	UPS PLAC-UPS-001	209.3/121V	4200W	2	40A
4	Tablero Rectificador PLAC-TCB-001	209.3/121V	11000W	3	50A
5	Aire Acondicionado PLAC-AC-001	209.3/121V	16400W	3	60A
6	Aire Acondicionado PLAC-AC-002	209.3/121V	16400W	3	60A
7	Iluminación Sala de Baterías	121V	256W	1	15A
8	Tomas Sala de Baterías Iluminación y	121V	2000W	1	20A

**CONTINUA** 

9	calefacción PLAC-SWG-001	209.3/121V	2000W	2	20A
10	Iluminación Externa	121V	200W	1	15A
11	Aire Acondicionado PLAC-AC-003	209.3/121V	6400W	3	30A
12	Cargador Batts 1 PLAC-CB-001	209.3/121V	3400W	2	20A
13	Cargador Batts 2 PLAC-CB-002	209.3/121V	3400W	2	20A

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

La Potencia Activa Total que el Panel de Distribución debe tener capacidad de atender es de 68.2KW. El Main Breaker del Panel, se determina dividiendo la Potencia Total para la Tensión Nominal, adicionalmente se debe dividir para raíz de 3, debido a que se trata de una carga trifásica, esto nos da un valor de Corriente de 189,5A, que de acuerdo a la recomendación técnica pertinente se aplica un factor de seguridad del 25%, en tal motivo se concluye en un Main Braker de 236.8A, sin embargo por limitante comercial y por la regulación de la Tabla 3.18. se define finalmente una Corriente de Main Breaker de 225A.

Para cada una de las cargas secundarias, el valor de Corriente de cada Breaker, se determina dividiendo la Potencia para la Tensión de operación de cada carga, considerar que adicionalmente que debe dividirse también para la raíz de 3 en el caso de cargas trifásicas. En muchos casos, la corriente calculada es considerablemente más baja que la de sus Breakers de protección, esto se debe a limitantes comerciales.

En base a estos antecedentes y a las recomendaciones de la Tabla 3.14, el Panel PLAC-DP-001 se concluye con las características mostradas en la Tabla 4.31.

**Tabla 4.31. Características PLAC-DP-001**

Número de Circuitos	30
Encapsulado	NEMA 1
Montaje	Sobrepuesto
Certificado	UL
Interruptores automáticos derivados	15A a 60A
Corriente nominal de corto-circuito	22 KAIC
Disyuntor principal	225A
Terminal principal	250A
Tensión Nominal	209.3/121VAC – 3 Fases – 4 Hilos (3L+GND)
Ingreso	Superior o Inferior

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

#### 4.2.10.2. ESPECIFICACIÓN DE PANEL DE DISTRIBUCIÓN DE UPS PLAC-DP-UPS-001

Las cargas a las que el Panel PLAC-DP-UPS-001 suministra energía, junto con su tensión de operación, potencia y corriente sugerida para el Breaker de protección de cada carga se muestra mediante la Tabla. 4.32.

**Tabla 4.32. Cargas del Panel PLAC-DP-UPS-001**

ITEM	CARGA	TENSIÓN	POTENCIA	# P	I BREAKER
1	Panel SCI PLAC-CP-SCI-001	121V	450W	1	10A
2	Panel COMM PLAC-	121V	450W	1	10A

**CONTINUA** 

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

La Potencia Activa Total que el Panel de Distribución debe tener capacidad de atender es de 900W. El Main Breaker del Panel, se determina dividiendo la Potencia Total para la Tensión Nominal, esto nos da un valor de Corriente de 7,5A, que de acuerdo a la recomendación técnica pertinente se aplica un factor de seguridad del 25%, en tal motivo se concluye en un Main Braker de 9.38A, sin embargo por limitante comercial, se define finalmente una Corriente de Main Breaker de 20A.

Para cada una de las cargas secundarias, el valor de Corriente de cada Breaker, se determina dividiendo la Potencia para la Tensión de operación de cada no existen cargas trifásicas. En muchos casos, la corriente calculada es considerablemente más baja que la de sus Breakers de protección, esto se debe a limitantes comerciales.

En base a estos antecedentes y a las recomendaciones de la Tabla 3.13, el Panel PLAC-DP-UPS-001 se concluye con las características mostradas en la Tabla 4.33.

**Tabla 4.33. Características PLAC-DP-UPS-001**

Número de Circuitos	12
Encapsulado	NEMA 1
Montaje	Sobrepuesto

**CONTINUA** 

Certificado	UL
Interruptores automáticos derivados	10A a 20A
Corriente nominal de corto-circuito	10KAIC
Disyuntor principal	20A
Terminal principal	100A
Tensión Nominal	209.3/121VAC – 1 Fase – 4 Hilos (2L+N+GND).
Ingreso	Superior o Inferior

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

#### **4.2.11. DESARROLLO DE LISTA DE CARGAS**

Es indispensable dentro del proceso de ingeniería del PCR Contenerizado generar una lista de cargas, donde se detalle cada uno de los equipos y sistemas que son parte del PCR y sus parámetros eléctricos. La lista de cargas permite profundizar en el análisis de como cada una de las cargas influye dentro de la capacidad de proveer energía de los elementos activos presentes en el PCR y de ese modo dimensionar adecuadamente los equipos de generación, distribución y transformación. La Tabla 4.34. resume los parámetros eléctricos y análisis de cargas de PCR.

Tabla 4.34. Análisis de cargas PCR

ETIQUETA TAG NAME	EQUIPO	AREA	VOLT		FP	EFICIENCIA	FASES	CORRIENTE NOMINAL	FACTOR DE DEMANDA	DEMANDA			
			[kW]	[kVA]	[kV]	[%]	[%]	[#]	[A]	[%]	[kW]	[kVA]	[A]
<b>CARGAS 208/120VAC</b>													
<b>PLAC-DP-001 (PANEL DE DISTRIBUCION )</b>													
PLAC-DP-001-CKT01	ILUMINACION CUARTO ELÉCTRICO	CUARTO ELÉCTRICO	0,512	0,539	0,120	100,0%	95,0%	1	4,49	100,0%	0,51	0,54	4,49
PLAC-DP-001-CKT02	ILUMINACION CUARTO BATERÍAS	CUARTO BATERÍAS	0,256	0,269	0,120	100,0%	95,0%	1	2,25	100,0%	0,26	0,27	2,25
PLAC-SWG-001-P1	ILUMINACIÓN Y CALEFACCIÓN	CUARTO ELÉCTRICO	2,000	2,105	0,208	100,0%	95,0%	1	10,12	100,0%	2,00	2,11	10,12
PLAC-DP-001-CKT08	ILUMINACION EXTERIOR CUARTO	CUARTO ELÉCTRICO	0,200	0,211	0,120	100,0%	95,0%	1	1,75	30,0%	0,06	0,06	0,53
PLAC-DP-001-CKT03	TOMACORRIENTES CUARTO ELÉCTRICO	CUARTO ELÉCTRICO	2,000	2,105	0,120	90,0%	95,0%	1	17,54	60,0%	1,20	1,26	10,53
PLAC-DP-001-CKT04	TOMACORRIENTES CUARTO DE BATERÍAS	CUARTO BATERÍAS	2,000	2,105	0,120	90,0%	95,0%	1	17,54	60,0%	1,20	1,26	10,53
PLAC-UPS-001	UPS	CUARTO BATERÍAS	4,200	4,421	0,208	90,0%	95,0%	2	21,26	100,0%	4,20	4,42	21,26
PLAC-DP-001-CKT09	TABLERO RECTIFICADOR DE BATERÍAS	CUARTO BATERÍAS	11,000	11,579	0,208	90,0%	95,0%	3	40,17	90,0%	9,90	10,42	28,93
PLAC-DP-001-CKT16	CARGADOR DE BATERÍAS 1	CUARTO BATERÍAS	3,400	3,579	0,208	90,0%	95,0%	2	21,51	90,0%	3,06	3,22	15,49
PLAC-DP-001-CKT20	CARGADOR DE BATERÍAS 2	CUARTO BATERÍAS	3,400	3,579	0,208	90,0%	95,0%	2	21,51	90,0%	3,06	3,22	15,49
PLAC-AC-001	UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO 1	CUARTO ELÉCTRICO	16,400	20,500	0,208	90,0%	80,0%	3	56,90	90,0%	14,76	18,45	51,21
PLAC-AC-002	UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO 2	CUARTO ELÉCTRICO	16,400	20,500	0,208	90,0%	80,0%	3	56,90	90,0%	14,76	18,45	51,21
PLAC-AC-003	UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO 3	CUARTO BATERÍAS	6,400	8,000	0,208	90,0%	80,0%	3	22,21	90,0%	5,76	7,20	19,99
<b>Subtotal DP-001:</b>			<b>68,2</b>	<b>79,5</b>		<b>93,1%</b>			<b>294,16</b>	<b>83,8%</b>	<b>60,73</b>	<b>70,89</b>	<b>242,00</b>
<b>DP-UPS-001 (PANEL DE DISTRIBUCION DEL UPS)</b>													
PLAC-COMM-001	TABLERO DE COMUNICACIONES	CUARTO BATERÍAS	0,450	0,450	0,120	90,0%	95,0%	1	3,75	100,0%	0,45	0,45	3,75
PLAC-CP-SCI-001	TABLERO SISTEMA EXTINCIÓN DE FUEGO	CUARTO ELÉCTRICO	0,450	0,450	0,120	90,0%	95,0%	1	3,75	100,0%	0,45	0,45	3,75
<b>Subtotal DP-UPS-001 :</b>			<b>0,9</b>	<b>0,9</b>		<b>90,0%</b>			<b>7,50</b>	<b>100,0%</b>	<b>0,90</b>	<b>0,90</b>	<b>7,50</b>
<b>TRP-001 (TRANSFORMADOR)</b>													
PLAC-TRP-001	TRANSFORMADOR	EXTERNO	68,168	73,238	13,800	93,1%	95,0%	3	3,06	90,0%	61,35	65,91	2,76
<b>CARGAS 125 VDC</b>													
<b>TABLERO RECTIFICADOR - CARGADOR DE BATERÍAS</b>													
PLAC-SWG-001-P2	EXTERNAL AUXILIARY FEEDER 125 VDC	CUARTO ELÉCTRICO	1,000	1,000	0,125	-	95,0%	-	8,00	100,0%	1,00	-	8,00
PLAC-SWG-001-P3	EXTERNAL AUXILIARY FEEDER 125 VDC	CUARTO ELÉCTRICO	0,600	0,600	0,125	-	95,0%	-	4,80	100,0%	0,60	-	4,80
<b>Subtotal TABLERO RECTIFICADOR - CARGADOR :</b>			<b>1,6</b>	<b>1,6</b>		<b>-</b>			<b>12,80</b>	<b>100,0%</b>	<b>1,60</b>	<b>-</b>	<b>12,80</b>

Fuente: (PIL S.A. , 2014)

La lista de cargas registra los Tags identificativos de cada carga, tensión, potencia, corriente, número de fases y también incluye parámetros adicionales inherentes a cada carga y que se explican en párrafos siguientes.

**a) Factor de potencia.**

Es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica. El Factor de Potencia puede tomar valores entre 0 y 1, cuya representación es 0 como muy malo y 1 como excelente.

El Factor de Potencia es la energía que se transforma en trabajo, se la denomina “Energía Activa”, mientras que la usada por un equipo eléctrico para su propio funcionamiento, se la llama “Energía Reactiva”.

El “triángulo de potencias” permite comprender de forma gráfica qué es el factor de potencia o coseno de “fi” ( $\cos \phi$ ) y su estrecha relación con los restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna.



**Figura 4.30. Tabla de Potencias, Factor de Potencia**

**Fuente: (Renzetti, 2008, pp. 1,2,4)**

Como se observa en la ilustración, el factor de potencia o coseno de “fi” ( $\cos \phi$ ) representa el valor del ángulo que se forma al representar gráficamente la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), es decir, la relación existente entre la potencia

real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna. Esta relación se puede representar también, de forma matemática, por medio de la expresión  $\text{Cos } \phi = P/S$ .

Los valores de factor de potencia de las cargas del PCR Contenerizado son tomados de la especificación técnica de cada uno de ellos.

#### **b) Eficiencia.**

La eficiencia energética de un motor es la relación entre la potencia útil de salida y la entrada de potencia total, y normalmente se expresa en porcentaje.

Por definición, una carga de potencia determinada se espera transmita esa cantidad de energía a sus salida, pero no siempre ocurre de ese modo, entonces las pérdidas de la carga son la diferencia entre la potencia de entrada y de salida.

Con el dato de eficiencia de una carga, que es implícita a ella, y con el dato de energía de entrada, se calcula la potencia de salida.

Los valores de eficiencia de las cargas del PCR Contenerizado son tomados de la especificación técnica de cada uno de ellos.

**c) Demanda y factor de demanda.**

La demanda es la potencia consumida por la carga en un período de tiempo, el cual varía de acuerdo a las características específicas de la misma.

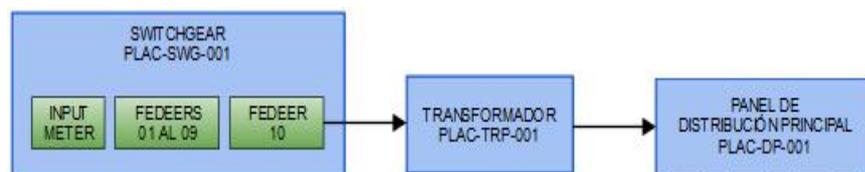
El factor de demanda, se define como la relación entre la demanda máxima que se establece a un mismo tiempo y la carga instalada de un sistema o instalación eléctrica. Por lo general el factor de demanda es menor a uno, aunque su rango va de 0 a 1.

Durante el funcionamiento de la instalación debe tenerse en cuenta que existe la posibilidad de que no se conecte toda la potencia simultáneamente, en general, para instalaciones de baja potencia puede tomarse ese factor igual a uno, dado que es probable que puedan llegar a conectarse todos los artefactos en forma simultánea, pero a medida que el tamaño de la instalación aumenta este factor decrece; a no ser que se trate de cargas especiales que funcionen a la vez, como en el caso de cargas redundantes.

Los valores de factor de demanda de las cargas del PCR Contenerizado son tomados de las múltiples Tablas del Código NEC, ya que éste parámetro se especifica para cada tipo y potencia de carga, considerando además su área de aplicación.

#### 4.2.12. ESPECIFICACIÓN DE TRANSFORMADOR

El transformador PLAC-TRP-001 recibe Tensión a un nivel de 13.8KV Trifásica en el Primario desde una celda de Output del Switchgear, generando en su Secundario una Tensión de 209.3/121V Trifásica, alimentando así al Panel de Distribución PLAC-DP-001.



**Figura 4.31. Disposición del Transformador PLAC-TRP-001**

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

El transformador será de Tipo Padmounted ó “Tipo Pedestal” para uso en exteriores.

El Transformador básicamente proveerá Tensión para la alimentación de los equipos y sistemas propios del PCR y que le habilitan todas las prestaciones con que se cuentan en él, en tal motivo su capacidad está en función de todas las cargas alimentadas desde el Panel PLAC-DP-001, para ello mediante la Tabla 4.35. se detalla el análisis de cargas respectivo.

**Tabla 4.35. Análisis de cargas para Transformador PLAC-TRP-001**

ETIQUETA TAG-NAME	EQUIPO	AREA	VOLT	FP	EFICIENCIA	FASES	CORRIENTE NOMINAL	FACTOR DE DEMANDA	DEMANDA				
			[kW]	[kVA]	[kV]	[%]	[%]	[%]	[A]	[%]	[kW]	[kVA]	[A]
CARGAS 208/120VAC													
PLAC-DP-001 (PANEL DE DISTRIBUCION )													
	Subtotal DP-001:		68,2	79,5		93,1%		294,16	83,8%	60,73	70,89	242,00	
TRP-001 (TRANSFORMADOR)													
PLAC-TRP-001	TRANSFORMADOR	EXTERNO	68,17	73,24	13,80	93,1%	95,0%	3	3,06	90,0%	61,35	65,91	2,76

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

Las cargas que se alimentan desde en Panel PLAC-DP-001 tienen un valor de Potencia Activa Total de 68,2KW y su valor de Factor de Potencia Promedio es de 93.1%, en consecuencia la carga que debe atender el Transformador es esa misma, además su valor de Factor de Potencia está en función del valor de Factor de Potencia generado por las cargas. La Potencia aparente del Transformador se calcula dividiendo la Potencia Activa (68,2KW) para el Factor de Potencia (93,1%), obteniendo una respuesta de 73,24KVA, que por limitantes comerciales se escala a su inmediato superior, concluyendo entonces, que la Capacidad de Potencia del Transformador debe ser de 75KVA.

El Nivel de Impulso Básico (BIL) es una medición de la capacidad del sistema de aislamiento del transformador para resistir los picos de muy alta tensión y corta duración, como una descarga atmosférica. Para un sistema de 13.8KV, la recomendación técnica establece un valor estándar de al menos 95KV y para un sistema de 600V, que sea al menos 10KV.

Con los antecedentes se concluye sobre las características del Transformador requerido para el PCR Contenerizado.

- a) **Tipo:** Padmounted Radial
- b) **Potencia:** 75KVA
- c) **Grado de estanqueidad:** NEMA 3R
- d) **Altitud:** menor a 3000msnm.
- e) **Conversión:** 13.8KV @ 209.3VAC
- f) **Fases:** 3
- g) **Frecuencia:** 60Hz
- h) **Primario:** 13.8KV - Delta
- i) **Secundario:** 209.3VAC – Estrella con Neutro
- j) **BIL Primario:** 95KV
- k) **BIL Secundario:** 30KV



**Figura 4.32. Transformador Padmounted 75KVA**

**Fuente: (Ecuatran S.A., 2013)**

Adicionalmente y para ser consecuentes con las recomendaciones técnicas pertinentes se detallan varios aspectos que se deben considerar.

- a) El diseño del transformador tipo Padmounted estará de acuerdo con lo establecido en la norma ANSI C57.12.28.
- b) La cabina de seguridad estará de acuerdo con los procesos y requerimientos descritos en la norma ANSI C57.12.28.
- c) El transformador contará con un indicador de nivel del aceite localizado en el compartimiento de baja tensión. Así mismo, contará también con dos válvulas, una de entrada para el relleno del aceite, y otra de salida, para el vaciado.
- d) La construcción de la unidad será tal que pueda ser izado, movido y/o deslizado, a su base sin que sean dañadas las partes tanto de alta como de baja tensión.
- e) La protección del transformador contra sobrecargas, se realizará mediante un interruptor con protección termo-magnética o similar sensible a la temperatura del aceite y a la intensidad de carga, instalado en el interior de la cuba y en el lado primario del transformador. Dicho interruptor se situará en el compartimiento de media tensión y deberá disponer de la posibilidad de desconectar el transformador de la red mediante el empleo de una pértiga. Igualmente, este interruptor dispondrá de un conmutador de emergencia que, mediante su accionamiento, permita disponer de una capacidad de sobrecarga adicional del 30%.
- f) La protección contra cortocircuitos internos del transformador se realizará mediante fusible interno de alto poder de ruptura tipo limitador de la intensidad adecuada a la potencia del transformador y coordinado con el

interruptor termo-magnético de protección contra sobrecargas. Esta coordinación asegurará una actuación más rápida del interruptor en caso de sobrecargas del transformador y/o cortocircuito en la red de baja tensión, quedando la actuación de los fusibles restringida al caso de una avería interna del transformador.

- g) Las tolerancias para los valores especificados de impedancia, de pérdidas y las tolerancias permitidas en los equipos de medida de pérdidas serán los establecidos en los apartados 9.2, 9.3 y 9.4 de la norma ANSI C57.12.00.
- h) Sobre el tanque se instalará una placa de características de acero inoxidable o aluminio anodizado, donde se dispondrá de forma legible e indeleble, toda la información del Transformador, conforme indicada en el apartado 5.12.2 de la norma ANSI C57.12.00.

#### **4.2.13. ESPECIFICACIÓN DE CABLES ELÉCTRICOS, DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.**

El uso de cables en el PCR Contenerizado se considera tanto en el desarrollo del sistema eléctrico como en el sistema de instrumentación y control, por ello es necesario definir sus parámetros técnicos en ambas disciplinas.

Para el área eléctrica se requieren cables denominados de poder, para alimentación de equipos y sistemas. Para el área de instrumentación y control se

requiere cable denominados de control, para conexionado de instrumentos y transmisión de señales.

Para ambas disciplinas se genera listados de cables, donde se detalla el Tag Name asignado a cada cable, origen y destino de conexionado y características técnicas propias de cada cable.

En función del dimensionamiento, como conclusión de los cables especificados, se generan los siguientes documentos de ingeniería:

- a) Anexo AM - Lista de Cables de Instrumentación y Control
- b) Anexo AN - Lista de Cables Eléctricos

En los párrafos siguientes se detalla el proceso de selección de cables de fuerza, de control e instrumentación.

#### **4.2.13.1. DIMENSIONAMIENTO DE CABLES ELÉCTRICOS**

Para el dimensionamiento de cables eléctricos se debe identificar su punto de origen y su punto de destino, esto para asignarle un Tag que sea coherente con la conexión que va a realizar y para identificar la naturaleza de su uso. Una vez definida la naturaleza de aplicación del cable, se puede discernir el voltaje, números de fases y la potencia de la carga a ser energizada con este cable, además se

determina la distancia que deberá recorrer desde el punto de origen hasta su punto destino.

Todos los parámetros que se han mencionado son datos ya disponibles en base al desarrollo de ingeniería básica y especificación de todos los equipos y sistemas que integran el PCR. Con estos datos es viable especificar y dimensionar cada uno de los cables, de inicio se concluye si va a ser ruteado a través de Conduit o Bandeja Port-cable, en cuyo caso se usará para Conduit cable tipo unifilar THHN, y para Bandeja Porta-cable se usará cable concéntrico tipo TC. La capacidad de corriente y de nivel de voltaje se definen mas adelante.

Los niveles de tensión que se operan dentro del PCR son exclusivamente 121/209.3VAC y 13.800VAC, en tal motivo se especificará para los cables los niveles de tensión comercialmente existentes que sean inmediatamente superiores, en consecuencia para los sistemas de 121/209.3VAC se usará cables de 600VAC y para los sistemas de 13.800VAC se usará cables de 15KV.

Para definir la capacidad de conducción de cada cable, es necesario calcular la corriente que fluye por él debido a la carga aplicada, a este dato de corriente se lo redefine aplicándole un factor de seguridad del 50%, éste nuevo valor de corriente es contrastado con las Tablas de fabricantes de cables, para este caso Okonite, de modo que seleccionamos el tipo de cables requerido eligiendo el valor de corriente de conducción inmediata superior al calculado. Mediante la Tabla 4.36. se especifica

como en función de los criterios preliminares establecidos se especifica el cable requerido para cada aplicación.

**Tabla 4.36. Criterios y selección de cables de poder del PCR Contenerizado**

Datos preliminares para especificación del cable											Selección y características de cable						
#	Cable Tag	Desde	Hasta	Power Load		Vn [V]	# PH	Long [m]	In [A]	# WIRE	Ruta	Wire Size AWG	Marca	Type	Modelo	Cable Amp Cap. (A)	Cable Volt Cap. (V)
				KW	KVA												
1	PLACDP001P	PLAC-TRP-001	PLAC-DP-001 INCOMING	60,0	75,0	208	3	36,6	208,4	1-4'C + GND	DUCT TRAY	40 + 40 GND	OKONITE	TC	112-31-3787	250	600
2	PLACDP001C KT01P	PLAC-DP-001 CKT-01	ILUMINACIÓN PCR	0,5	0,5	120	1	30,5	4,5	3'C	IMC TRAY	12	PHELPS DODGE	THHN	-	20	600
3	PLACDP001C KT02P	PLAC-DP-001 CKT-02	ILUMINACIÓN EMERGENCIA	0,3	0,3	120	1	9,1	2,2	3'C	IMC TRAY	12	PHELPS DODGE	THHN	-	20	600
4	PLACSWG001P1	PLAC-DP-001 CKT-06	ILUM & HEATERS SWG-001	2,0	2,0	208	2	30,5	9,6	1-3'C + GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3653	20	600
5	PLACDP001C KT10P	PLAC-DP-001 CKT-10	ILUMINACIÓN EXTERIOR PCR	0,2	0,2	120	1	30,5	1,9	1-3'C + GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3653	20	600
6	PLACDP001C KT03P	PLAC-DP-001 CKT-03	TOMAS SALA EQUIPOS	2,0	1,6	120	1	61,0	13,3	3'C	IMC TRAY	12	PHELPS DODGE	THHN	-	20	600
7	PLACDP001C KT04P	PLAC-DP-001 CKT-04	TOMAS SALA DE BATERÍAS	2,0	1,6	120	1	30,5	13,3	3'C	IMC TRAY	12	PHELPS DODGE	THHN	-	20	600
8	PLACUPS001P	PLAC-DP-001 CKT-05	PLAC-UPS-001	3,4	4,2	208	2	9,1	20,2	1-3'C+ GND	IMC TRAY	8+10 GND	OKONITE	TC	112-31-3735	55	600
9	PLACDP001C KT09P	PLAC-DP-001 CKT-09	PANEL RECT. 125VDC	12,0	9,6	208	3	9,1	33,3	1-3'C+ GND	IMC TRAY	8+10 GND	OKONITE	TC	112-31-3735	55	600
10	PLACDP001C KT18P	PLAC-DP-001 CKT-18	CARGADOR BATERÍAS 1	3,4	2,7	208	2	9,1	16,3	1-3'C + GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3653	20	600
11	PLACDP001C KT22P	PLAC-DP-001 CKT-22	CARGADOR BATERÍAS 2	3,4	2,7	208	2	9,1	16,3	1-3'C + GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3653	20	600
12	PLACAC001P	PLAC-DP-001 CKT-10	PLAC-AC-001	16,4	16,4	208	3	18,3	45,6	1-3'C + GND	IMC TRAY	8+10 GND	OKONITE	TC	112-31-3735	55	600
13	PLACAC002P	PLAC-DP-001 CKT-15	PLAC-AC-002	16,4	16,4	208	3	18,3	45,6	1-3'C+ GND	IMC TRAY	8+10 GND	OKONITE	TC	112-31-3735	55	600
14	PLACAC003P	PLAC-DP-001 CKT-21	PLAC-AC-003	6,4	6,4	208	3	9,1	17,8	1-3'C+ GND	IMC TRAY	8+10 GND	OKONITE	TC	112-31-3735	55	600
15	PLACDPUPS001P	PLAC-UPS-001	INCOMING PLAC-DP-UPS-001	4,2	4,2	208	2	4,6	20,2	1-3'C + GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3652	20	600
16	PLACCOMM001P	PLAC-DP-UPS-001 CKT-01	PLAC-COMM-001	0,5	0,5	120	1	9,1	3,8	1-3'C + GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3653	20	600
17	PLACCPSCI001P	PLAC-DP-UPS-001 CKT-04	PLAC-CP-SCI-001	0,5	0,5	120	1	18,3	3,8	1-3'C + GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3653	20	600
18	PLACTRP001P	PLAC-TRP-001	PLAC-SWG-001	60	75,0	13800	3	36,6	3,1	3'C	DUCT TRAY	2	OKONITE	TS-CPE MV-105	115-23-2011	165	15000
19	PLACSWG001P2	PANEL RECT. (125VDC)	SWG 125VDC (MOTOR SPRING)	1	1	125	-	30,5	8,0	1-3'C + GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3652	20	600
20	PLACSWG001P3	PANEL RECT. (125VDC)	SWG 125 VDC (COMMAND)	0,6	0,6	125	-	30,5	4,8	1-3'C + GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3653	20	600

Fuente: (PIL S.A. , 2014)

Para la selección de cables se ha usado en Bulletin OSL de Okonite (OKONITE, 2012) y el Catálogo General de Cables de Phelps Dodge (General Cable, 2014).

Con los cables pre-definidos es necesario asegurarse si por la distancia que cada uno de ellos recorre, no produce una caída de tensión fuera del estándar, para ellos debe calcularse la caída de tensión de cada cable, el cual será válido únicamente si su porcentaje de caída de tensión es menor al 3%.

Todos los conductores usados en el PCR son de cobre, entonces asumiendo una situación real de operación a una temperatura de operación de 60°C, se tiene que la fórmula de cálculo de caída de tensión es la siguiente:

$$e[\%] = \frac{k1 * k2 * L[m] * I[A]}{S[CM] * V[V]}$$

**Ecuación 4.8. Cálculo de caída de tensión en cables de poder del PCR (UPS, 2012)**

Dónde:

- a) **e**: Caída de tensión, expresada en porcentaje [%].
- b) **k1**: Constante, será 2 para sistemas monofásicos y será 3 para sistemas trifásicos.
- c) **k2**: Constante específica Volumen/Resistencia del Cobre, cuyo valor es 12,9.
- d) **L**: Longitud total del cable, expresada en metros [m].

- e) **I:** Corriente provocada por la carga, expresada en amperios [A].
- f) **S:** Área o sección transversal del conductor, expresado en circular miles [CM].
- g) **V:** Voltaje aplicado al cable, expresado en voltios [V].

Todos los parámetros son conocidos, con excepción del área o sección transversal del cable, cuyo valor debe ser integrado a la fórmula en la unidad, circular miles [CM] y que se obtiene de la equivalencia existente para la sección transversal de un cable entre la norma americana (AWG) y la norma métrica. Existe un valor equivalente para cada calibre de cable, la Tabla 4.37. muestra los valores de sección transversal de los cables usados en el PCR con su respectiva equivalencia en mm<sup>2</sup>, miles de circular miles (MCM) y American Wire Gauge (AWG).

**Tabla 4.37. Sección transversal de cables en mm<sup>2</sup>, MCM y AWG**

AWG	MCM	mm <sup>2</sup>
-	300	152
-	250	127
4/0	212	107
2/0	133	67,5
2	66,4	33,6
4	41,7	21,2
6	26,2	13,3
8	16,5	8,35
10	10,4	5,27
12	6,53	3,31
14	4,11	2,08
18	1,62	0,82
20	1,02	0,51
22	0,64	0,32

**Fuente: (Gruope Omerin, 2010, p. 155)**

Recuérdese que la formula requiere el valor de sección transversal en [CM], por lo que se toma el valor de la Tabla 4.37., en [MCM] y se lo multiplica por mil.

En la Tabla 4.38. se ha realizado el cálculo de caída de tensión de todos los cables de poder que conforman el PCR, obteniendo una columna con el resultado para verificación y aprobación. Se observa en los resultados, que ninguno de ellos sobrepasa el máximo permitido del 3%, en tal motivo se concluye que todos los cables han sido adecuadamente dimensionados.

**Tabla 4.38. Cálculo de caída de tensión de cables de poder del PCR**

Datos preliminares para especificación del cable											Selección y características de cable					Validación de cable						
#	Cable Tag	Desde	Hasta	Power Load		Vn [V]	# PH	Long [m]	In [A]	# WIRE	Ruta	Wire Size AWG	Marca	Type	Modelo	Cable Amp Cap. (A)	Cable Volt Cap. (V)	WIRE SIZE [CM]	O.D. [INCH]	K (Cu)	Caída Volt (R In) [VL]	Caída Volt (%VL)
				KW	KVA																	
1	PLACDP001P	PLAC-TRP-001	PLAC-DP-001 INCOMING	60.0	75.0	208	3	36,6	208,4	1-4-C + GND	DUCT TRAY	40 + 40 GND	OKONITE	TC	112-31-3787	250	600	211.166,6	1,630	12,9	0,81	0,39%
2	PLACDP001C KT01P	PLAC-DP-001 CKT-01	ILUMINACIÓN PCR	0,5	0,5	120	1	30,5	4,5	3-C	IMC TRAY	12	PHELPS DODGE	THHN	-	20	600	6.532,4	0,12 X3	12,9	0,54	0,45%
3	PLACDP001C KT02P	PLAC-DP-001 CKT-02	ILUMINACIÓN EMERGENCIA	0,3	0,3	120	1	9,1	2,2	3-C	IMC TRAY	12	PHELPS DODGE	THHN	-	20	600	6.532,4	0,12 X3	12,9	0,08	0,07%
4	PLACSWG001P	PLAC-DP-001 CKT-06	ILUM & HEATERS SWG-001	2,0	2,0	208	2	30,5	9,6	1-3-C + GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3653	20	600	6.532,4	0,48	12,9	1,16	0,56%
5	PLACDP001C KT10P	PLAC-DP-001 CKT-10	ILUMINACIÓN EXTERIOR PCR	0,2	0,2	120	1	30,5	1,9	1-3-C + GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3653	20	600	6.532,4	0,48	12,9	0,22	0,19%
6	PLACDP001C KT03P	PLAC-DP-001 CKT-03	TOMAS SALA EQUIPOS	2,0	1,6	120	1	61,0	13,3	3-C	IMC TRAY	12	PHELPS DODGE	THHN	-	20	600	6.532,4	0,12 X3	12,9	3,21	2,68%
7	PLACDP001C KT04P	PLAC-DP-001 CKT-04	TOMAS SALA DE BATERÍAS	2,0	1,6	120	1	30,5	13,3	3-C	IMC TRAY	12	PHELPS DODGE	THHN	-	20	600	6.532,4	0,12 X3	12,9	1,61	1,34%
8	PLACUPS001P	PLAC-DP-001 CKT-05	PLAC-UPS-001	3,4	4,2	208	2	9,1	20,2	1-3-C + GND	IMC TRAY	8+10 GND	OKONITE	TC	112-31-3735	55	600	16.498,6	0,66	12,9	0,29	0,14%
9	PLACDP001C KT09P	PLAC-DP-001 CKT-09	PANEL RECT. 125VDC	12,0	9,6	208	3	9,1	33,3	1-3-C + GND	IMC TRAY	8+10 GND	OKONITE	TC	112-31-3735	55	600	16.498,6	0,66	12,9	0,41	0,20%
10	PLACDP001C KT18P	PLAC-DP-001 CKT-18	CARGADOR BATERÍAS 1	3,4	2,7	208	2	9,1	16,3	1-3-C + GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3653	20	600	6.532,4	0,48	12,9	0,59	0,28%
11	PLACDP001C KT22P	PLAC-DP-001 CKT-22	CARGADOR BATERÍAS 2	3,4	2,7	208	2	9,1	16,3	1-3-C + GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3653	20	600	6.532,4	0,48	12,9	0,59	0,28%
12	PLACAC001P	PLAC-DP-001 CKT-10	PLAC-AC-001	16,4	16,4	208	3	18,3	45,6	1-3-C + GND	IMC TRAY	8+10 GND	OKONITE	TC	112-31-3735	55	600	16.498,6	0,66	12,9	1,13	0,54%
13	PLACAC002P	PLAC-DP-001 CKT-15	PLAC-AC-002	16,4	16,4	208	3	18,3	45,6	1-3-C + GND	IMC TRAY	8+10 GND	OKONITE	TC	112-31-3735	55	600	16.498,6	0,66	12,9	1,13	0,54%
14	PLACAC003P	PLAC-DP-001 CKT-21	PLAC-AC-003	6,4	6,4	208	3	9,1	17,8	1-3-C + GND	IMC TRAY	8+10 GND	OKONITE	TC	112-31-3735	55	600	16.498,6	0,66	12,9	0,22	0,11%
15	PLACDPUP001P	PLAC-UPS-001	INCOMING PLAC-DP-UPS-001	4,2	4,2	208	2	4,6	20,2	1-3-C + GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3652	20	600	6.532,4	0,480	12,9	0,36	0,18%

CONTINUA

16	PLACCOMM001P	PLAC-DP-UPS-001 CKT-01	PLAC-COMM-001	0,5	0,5	120	1	9,1	3,8	1-3C+GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3653	20	600	6.532,4	0,480	12,9	0,14	0,11%
17	PLACCPSCIO1P	PLAC-DP-UPS-001 CKT-04	PLAC-CP-SCI-001	0,5	0,5	120	1	18,3	3,8	1-3C+GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3653	20	600	6.532,4	0,480	12,9	0,27	0,23%
18	PLACTRP001P	PLAC-TRP-001	PLAC-SWG-001	60	75,0	13800	3	36,6	3,1	3C	DUCT TRAY	2	OKONITE	TS-CPE MV-105	115-23-2011	165	15000	66.310,3	0,89 X 3	12,9	0,04	0,00%
19	PLACSWG001P2	PANEL RECT. (125VDC)	SWG 125VDC (MOTOR SPRING)	1	1	125	-	30,5	8,0	1-3C+GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3652	20	600	6.532,4	0,480	12,9	0,96	0,77%
20	PLACSWG001P3	PANEL RECT. (125VDC)	SWG 125 VDC (COMMAND)	0,6	0,6	125	-	30,5	4,8	1-3C+GND	IMC TRAY	12+12 GND	OKONITE	TC	202-31-3653	20	600	6.532,4	0,480	12,9	0,58	0,46%

Fuente: (PIL S.A. , 2014)

#### 4.2.13.2. DIMENSIONAMIENTO CABLES DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

Para la selección de cables de instrumentación y control es necesario especificarlos sin proceder con una fase de dimensionamiento, ya que su aplicación está limitada al conexionado de instrumentos y transmisión de señales de control.

Para la especificación de cables de control e instrumentación se debe identificar su punto de origen y su punto de destino, esto para asignarle un Tag que sea coherente con la conexión que va a realizar y para identificar la naturaleza de su uso. Una vez definida la naturaleza de aplicación del cable, se puede discernir si va a ser ruteado a través de Conduit o Bandeja Port-cable.

El cableado de instrumentos consiste específicamente en el conexionado del sistema contra incendios, que se realizará con un solo tipo de cable, conectando todo en serie y enrutándolo a través de Conduit IMC. El cable estandarizado debe ser

específico para sistemas contra incendios. El cable usado a lo largo del el circuito contra incendios debe ser cable de integridad tipo FPLR, (VIKON Electrónica, 2013), (Fire Alarm Cable) con enchaquetado en rojo, el conductor debe ser calibre #16 - # 18 AWG, (American Wire Gauge, 2011), sólido, conforme certificaciones UL. Una opción a usar es el cable 5320UZ de Belden.

Para el cableado de señales de control, debido a que se trata de tensiones de muy bajas, su calibre también debería ser bajo, pero se establece un estándar, para la industria petrolera, de uso en calibre # 14 AWG de tipo TC, tensión nominal 600V, que se enrutará por bandeja porta-cables. Una opción a usar es el cable 202-10-4604 de Okonite.

Para la selección de cables se ha usado en Bulletin OSL de Okonite, (OKONITE, 2012), y el Catálogo General de Cables de SCI de Belden (BELDEN , 2012).

#### **4.2.14. ESPECIFICACIÓN DE BANDEJAS Y CONDUIT**

Los elementos que se usan para trazar las rutas de Conduit o Bandejas Porta-Cables deben poseer certificaciones de calidad dadas por las entidades verificadoras, como por ejemplo UL. Así mismo su proceso constructivo y de instalación debe cumplir con lo establecido en las regulaciones dadas en la Sección 3.5.4.

Al momento se conoce todos los equipos que integran el PCR Contenerizado, sus características eléctricas y operativas, además se tiene una arquitectura clara de disposición, conexionado y funcionamiento, en tal motivo se hace necesario desplegar los medios físicos seguros y funcionales que permitan interconectar todos los sistemas y equipos en el interior del PCR, para ello se debe especificar los elementos que conformarán las rutas para soporte de cables de interconexión, sean estos de poder o de control e instrumentación.

Tanto las Bandejas como la tubería Conduit debe seleccionarse en función de la cantidad de cables que vayan a soportar, de ello también depende el tipo y condiciones de los accesorios complementarios. La capacidad de las rutas seleccionadas e instaladas dará garantía de soporte y operación a todas las funcionalidades del PCR.

En lo que se refiere a Bandejas Porta-cables se proyecta dos niveles de bandejas independientes, un nivel para cables de potencia ubicado a una altura de 2,7m y otro nivel para cables de control e instrumentación ubicado a 3m. Ambas medidas son en relación al piso del PCR. La distribución de bandejas separándolas 30cm, obedece a cumplir la separación mínima que debe existir entre cableado de potencia y control.

En relación a tubería Conduit se proyecta varios trazados de tubería, ya que se debe distribuir por separado los siguientes sistemas:

- a) Circuito de tubería Conduit para el sistema de iluminación interior y exterior.
- b) Circuito de tubería Conduit para el sistema de iluminación de emergencia.
- c) Circuito de tubería Conduit para el sistema de tomacorrientes regulares.
- d) Circuito de tubería Conduit para el sistema de tomacorrientes respaldados.
- e) Circuito de tubería Conduit para el sistema de detección del sistema contra incendios.

Adicionalmente se usa tramos de tubería Conduit para encamisar cables desde las Bandejas Porta-cables hasta los equipos y tableros. También se usa trazados de tubería Conduit para encamisar cable de tierra desde las barras colectoras hasta en nivel del piso.

La altura a la que se ubicará la tubería es variables debido a la cantidad de circuitos a implementarse, pero se procurara vaya pegada a las paredes y techo sobre los 2,8m medidos desde el piso del PCR.

#### **4.2.14.1. ESPECIFICACIÓN DE SISTEMA DE BANDEJAS PORTACABLES**

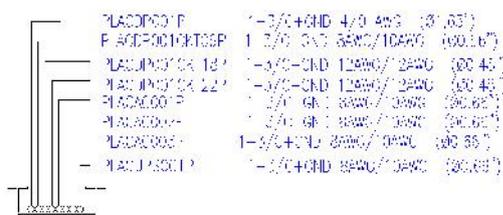
La especificación de las Bandejas Porta-cables consiste en determinar el tipo de bandeja, sus dimensiones, sus elementos complementarios y sus condiciones de instalación.

### a) Tipo de Bandeja.

Las características de movilidad del PCR Contenerizado exigen que las Bandejas Porta-cables del PCR sean robustas y al mismo tiempo que sean livianas, eso permitirá mantener la integridad del cableado soportado en ellas, y además representará menos peso añadido a la estructura. En función de estos antecedentes se define que el tipo de Bandeja Porta-cables debe ser de aluminio con perfil tipo I.

### b) Porcentaje de llenado y selección de dimensiones de Bandeja.

Para determinar las dimensiones de las Bandeja Porta-cables es necesario hacer un análisis del ruteo de cables y establecer el caso más crítico de llenado de la bandeja, el cual se presenta a continuación, mediante la Figura 4.33.



**Figura 4.33. Trafico de cables por Bandeja del PCR, caso más crítico**

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

Se calcula el área transversal total que ocupan los cables en la bandeja, cuyo valor es de  $0,0027\text{m}^2$ , el detalle de cálculo se muestra en la Tabla 4.39.

**Tabla 4.39. Cálculo de área transversal total de tráfico de cables del PCR por****Bandeja, caso más crítico**

[inches]	[m]	r [m]	r <sup>2</sup> [m]	PI	Area [m <sup>2</sup> ]
1,63	0,04	0,02	0,0004	3,14	0,0013
0,66	0,02	0,01	0,0001	3,14	0,0002
0,48	0,01	0,01	0,0000	3,14	0,0001
0,48	0,01	0,01	0,0000	3,14	0,0001
0,66	0,02	0,01	0,0001	3,14	0,0002
0,66	0,02	0,01	0,0001	3,14	0,0002
0,66	0,02	0,01	0,0001	3,14	0,0002
0,66	0,02	0,01	0,0001	3,14	0,0002
<b>Area Total [m<sup>2</sup>]</b>					<b>0,0027</b>

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

Se evalúa el porcentaje de llenado versus el área transversal de la bandeja más pequeña, cuyas dimensiones son: Ancho = 6" y Alto = 4".

**Tabla 4.40. Cálculo de área transversal total disponible en Bandeja de 6"X4"**

Ancho [inches]	Alto [inches]	Ancho [m]	Alto [m]	Área [m <sup>2</sup> ]
6,00	4,00	0,15	0,10	0,02

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

El área transversal total disponible en una bandeja de 6" X 4" es 0,02m<sup>2</sup>.

El área transversal total de tráfico de cables comparándola con el área transversal total disponible en la bandeja, representa un porcentaje de llenado del

17,33%. El estándar indica que el porcentaje de llenado no puede exceder el 40%, en consecuencia la Bandeja propuesta cumple con la recomendación técnica.

El largo de la Bandeja esta estandarizado en 3m y 6m, se selecciona en función de la conveniencia de la instalación. Si existen tramos muy largos, la mejor opción será instalar la Bandeja de 6m con la secuencia de soportes apropiada.

### **c) Capacidad de Carga.**

Las Bandejas Porta-cables tienen la opción de ser especificadas conforme norma NEMA 16A, 20B ó 20C (ECUSTRUT, 2013), cada una tiene características diferentes de carga admisible en función de la distancia a la que se coloquen los soportes. El PCR tiene un espacio interior limitado, por lo que los soportes se colocarán con una separación máxima de 1,83m, que combinado a especificar la Bandeja Porta-cables como NEMA 16A, ofrece una capacidad de carga de 400Kg/m. La especificación NEMA 16A es la mínima posible, sin embargo dada la poca distancia entre soportes ofrece una altísima capacidad de carga, por lo que aplica para el sistema de Bandejas del PCR Contenerizado.

Los detalles de elementos para montaje y sujeción de la bandeja se presentan a través de planos de detalles de montaje y lista de materiales en la Sección de ingeniería de detalle.

Adicionalmente, se especifica un tramo de bandeja de similares características a la mencionada, colocada sobre el Switchgear, con la única diferencia que se aumenta el ancho de la bandeja, de 6" a 12".

#### **4.2.14.2. ESPECIFICACIÓN DE SISTEMA DE CONDUIT**

La especificación de tubería Conduit consiste en determinar el tipo de tubo, su diámetro, sus elementos complementarios y sus condiciones de instalación. La longitud de los tubos Conduit, de cualquier tipo o diámetro, siempre será de 3 metros.

##### **a) Tipo de Conduit**

Las características de funcionalidad del PCR Contenerizado exigen que el sistema de rutas de Conduit sea realizado con tubería de tipo IMC "Intermedia Metal Conduit", con totalidad de accesorios compatibles. El uso de tubería Conduit IMC hace que la integración de elementos sea mediante un mecanismo físico de unión con rosca, lo que brinda ventajas de seguridad. Adicionalmente y como mandatorio, la especificación para cuartos eléctricos exige el uso de tubería IMC ó RMC "Rigid Metal Conduit".

**b) Porcentaje de llenado y selección de diámetro de Conduit.**

El diámetro de tubos usados en la infraestructura del PCR es variado, ya que se lo dispone en múltiples aplicaciones

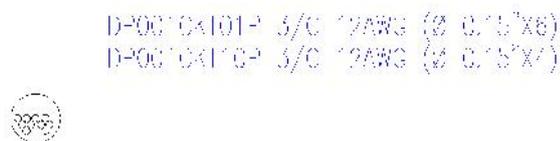
Para los circuitos de tubería Conduit para el sistema de iluminación interior, exterior, emergencia, tomacorrientes regulares, tomacorrientes respaldados, sistema contra incendios, se usa Conduit IMC de ¾", con el justificativo correspondiente de porcentaje de llenado.

Los cables tipo TC que se rutean en Bandeja y requieren ingresar a equipos, para bajarlos desde la bandeja, son encamisados en tubería Conduit, para este fin se usa diámetros de 1 ¼" hasta 2", en función del OD del cable, cuidando siempre no exceder la norma que establece:

- a) Si un cable atraviesa tubería Conduit IMC, no debe exceder el 53% de porcentaje de llenado.
- b) Si dos cables atraviesan tubería Conduit IMC, no debe exceder el 31% de porcentaje de llenado.
- c) Si mas de dos cables atraviesan tubería Conduit IMC, no debe exceder el 40% de porcentaje de llenado.

Para bajar cable de tierra desde las barras colectoras hasta el nivel de piso del PCR para atravesarlo y llegar a las facilidades de conexión a la malla de tierra, se usa tubería Conduit para encamisar esos tramos, para lo cual se usa diámetro de ¾”, el cual con un cable de tierra de calibre 2/0, no excede el porcentaje de llenado del 53%.

Para determinar el diámetro de la tubería Conduit para justificarlo en el uso de tomas e iluminación es necesario hacer un análisis del ruteo de cables y establecer el caso más crítico de llenado de tubería, el cual se presenta a continuación, mediante la Figura 4.34.



**Figura 4.34. Trafico de cables por Conduit del PCR, caso más crítico**

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

Se calcula el área de sección transversal total que ocupan los cables en el Conduit, cuyo valor es de 0,000114m<sup>2</sup>, el detalle de cálculo se muestra en la Tabla 4.41.

**Tabla 4.41. Cálculo de área de sección transversal total de tráfico de cables del PCR por Conduit, caso más crítico**

#	[m]	r [m]	r <sup>2</sup> [m]	PI	Área
---	-----	-------	--------------------	----	------

**CONTINUA**

Conductores	[inches]					[m <sup>2</sup> ]
10	0,15	0,00381	0,00191	0,0000036	3,1416	0,0000114
Área Total [m <sup>2</sup> ]						0,0001140

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

Se evalúa el porcentaje de llenado versus el área de sección transversal del tubo Conduit de ¾”.

**Tabla 4.42. Cálculo de área de sección transversal total disponible en un tubo**

**Conduit de ¾”**

[inches]	[m]	r [m]	r <sup>2</sup> [m]	PI	Área [m <sup>2</sup> ]
0,75	0,01905	0,00953	0,0000907	3,1416	0,0002850
Área Total [m <sup>2</sup> ]					0,0002850

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

El área de sección transversal total disponible en un tubo Conduit de ¾” es 0,0002850m<sup>2</sup>.

El área transversal total de tráfico de cables comparándola con el área de sección transversal total disponible en el tubo Conduit, representa un porcentaje de llenado del 40%. El estándar indica que el porcentaje de llenado no puede exceder el 40% para cuando se rutean mas de dos cables por un tubo Conduit, en consecuencia un tubo Conduit de ¾” cumple con la recomendación técnica.

Los detalles de elementos para montaje y sujeción de tubería Conduit se presentan a través de planos de detalles de montaje y lista de materiales en la Sección de ingeniería de detalle.

#### **4.2.15. ESPECIFICACIÓN DE RUTAS DE CABLEADO**

Con los cables y el medio de ruteo definidos, queda nada mas escoger la ruta más apropiada para disponer los cables en el interior del PCR, ya sea por Bandeja porta-cable o por Conduit, esto se lo realiza a través de diagramas de ruteo, para el efecto se han generado los siguientes documentos de ingeniería:

- a) Anexo AE - Ruteo de Cables del SCI.
- b) Anexo W - Ruteo de Tubería y Cables del Sistema de Iluminación, Cuarto Eléctrico.
- c) Anexo Y - Ruteo de Tubería y Cables del Sistema de Tomacorrientes, Cuarto Eléctrico.
- d) Anexo AO - Ruteo de Bandejas Porta-cables de Control.
- e) Anexo AP - Ruteo de Bandejas Portacables de Potencia
- f) Anexo AQ - Ruteo de Cables de Potencia

#### **4.2.16. ESPECIFICACIÓN DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**

En el PCR, el sistema de puesta a tierra consiste en la conexión de artefactos eléctricos y electrónicos a un punto común que elimina cualquier corriente no deseada, para evitar que sufran daño, tanto las personas como los equipos eléctricos y electrónicos.

Para seleccionar la capacidad del sistema de tierras, la variable a analizar es la corriente máxima que pueda presentarse en los sistemas o equipos, es por ello que se debe evaluar cada equipo individualmente definiendo su nivel de corriente y en función de esto, seleccionar el calibre del medio físico para aterrizarlo.

Para la tierra eléctrica, se dispone de dos barras de cobre de 3ft x 2" x 1/4", dispuestas, una en la Sala de Baterías y otra en la Sala de Equipos, este conjunto de barras asume un rango de corriente de alrededor de 900A, por lo que están en capacidad de recibir las conexiones de tierra de todos los equipos internos del PCR.

Desde estas barras se lleva cables de calibre 2/0, en pares desde las barras hacia las facilidades de conexión externas, que están integradas a la estructura del PCR para hacer una sola masa equipotencial.



**Figura 4.35. Barra de conexión de sistema de tierra de PCR Contenerizado con estructura y facilidades de conexionado a malla de tierra de plataforma**

**Fuente: (SLACOL, 2012)**

Para la tierra electrónica, se implementa una barra adicional de 3ft x 2" x 1/4", dispuesta en la Sala de Baterías, está tiene una capacidad de 900A, por lo que está sobredimensionada para recibir los equipos de control, sin embargo el estándar de la industria petrolera establece que esta capacidad de barra es la mínima permitida. De la barra de tierra electrónica se lleva cables de calibre 2/0, en pares desde las barras hacia las facilidades de conexionado externas, las cuales están aisladas del sistema de tierra eléctrico y de la estructura del PCR.



**Figura 4.36. Barra de conexión de sistema de tierra de PCR aislada de estructura y facilidades de conexionado a malla de tierra de plataforma**

**Fuente: (PIL S.A. , 2014)**

La infraestructura del Switchgear es concebida para una capacidad de hasta 1200A, en función de ese nivel de corriente es aterrizado a través de la barra de tierra eléctrica y también directamente a la estructura del PCR, obteniendo 5 puntos de conexión con calibre de cable 2/0, conforme recomendaciones técnicas de la Tabla 3.19. que establece que para un nivel de corriente de 1200A se debe usar calibre de cable mínimo 3/0 AWG.



**Figura 4.37. Aterrizado del Switchgear**

**Fuente: (ABB, 2013)**

Se implementa un sistema de anillo HALO, desarrollado íntegramente con calibre de cable 2 AWG e integrado con terminales de compresión.

Todo el equipamiento interno del PCR es dependiente del Transformador especificado en 75KVA a 209.3/121VAC, lo que da una corriente nominal de 209A, así, en función de las recomendaciones técnicas de la Tabla 3.19. que dispone usar cable calibre 4 AWG para sistemas de hasta 300A, se concluye usar cable calibre 4AWG para aterrizarse todos los equipos internos.

En función de la especificación del sistema de tierras, se generan los siguientes documentos de ingeniería:

- a) Anexo AR - Sistema Eléctrico de Tierras.
- b) Anexo AS - Sistema de Protección contra Descargas Atmosféricas.

Los detalles de elementos para implementación del sistema de tierras se presentan a través de planos de detalles de montaje y lista de materiales en la Sección de ingeniería de detalle.

### **4.3. INGENIERÍA DE DETALLE**

La ingeniería de detalle resume el conjunto de documentación generada a partir de la ingeniería básica y que incluye todos los detalles constructivos por disciplina (Civil, Mecánica, Eléctrica, Telecomunicaciones, Instrumentación y Control, etc). Esta documentación debe ser sometida a fiscalización para aprobación de construcción.

Como información adicional, se informa que una vez superada la fase de construcción, existe una fase adicional de ingeniería llamada “As Built”, la cual reúne las modificaciones sobre la ingeniería de detalle que se llevaron a cabo durante la ejecución del proyecto, construcción e instalación.

El desarrollo de la ingeniería conceptual y básica permiten definir las especificaciones y real alcance de todos los componentes del PCR Contenerizado, en función de ello se genera documentos de ingeniería concluyentes, como son hojas técnicas, planos de detalle, layouts y listas de materiales. A continuación se listan los documentos de ingeniería de detalle pertinentes:

- a) Anexo AT - Hoja Técnica de UPS y Baterías.
- b) Anexo AU - Hoja Técnica de Aires Acondicionados.
- c) Anexo AV - Hoja Técnica de Transformador PLAC-TRP-001.
- d) Anexo AW - Lista de Materiales Área Eléctrica.
- e) Anexo AX - Layout de Distribución de Equipos Eléctricos.
- f) Anexo AY - Detalle de Montaje de Sistema de Iluminación Interna.
- g) Anexo AZ - Detalle de Montaje de Sistema de Iluminación de Emergencia.
- h) Anexo BA - Detalle de Montaje de Tomacorrientes.
- i) Anexo BB - Detalle de Montaje de Tableros de Distribución.
- j) Anexo BC - Detalle de Montaje de Sistema de Tierras.
- k) Anexo BD - Detalle de Montaje de Sistema Contra Descargas Atmosféricas.
- l) Anexo BE - Detalle de Montaje de Bandejas y Conduit.
- m) Anexo BF - Diagrama Unifilar UPS PLAC-UPS-001.
- n) Anexo BG - Detalle de Montaje de Panel PLAC-COMM-001.
- o) Anexo BH - Lista de Materiales de Panel de Comunicaciones.
- p) Anexo BI - Hoja Técnica de Detector de Humo.
- q) Anexo BJ - Hoja Técnica de Bocina.

- r) Anexo BK - Hoja Técnica de Campana de Alarma Vibrante.
- s) Anexo BL - Hoja Técnica de Sistema de Descarga.
- t) Anexo BM - Hoja Técnica de Estación de Descarga.
- u) Anexo BN - Hoja Técnica de Estación de Aborto.
- v) Anexo BO - Hoja Técnica de Panel de Control SCI.
- w) Anexo BP - Detalle de Montaje de Panel de SCI.
- x) Anexo BQ - Detalle de Montaje de Detector de Humo.
- y) Anexo BR - Detalle de Montaje de Bocina y Luz Estroboscópica.
- z) Anexo BS - Detalle de Montaje de Campana de Alarma Vibrante.
- aa) Anexo BT - Detalle de Montaje de Sistema de Descarga.
- bb) Anexo BU - Detalle de Montaje de Estación de Descarga.
- cc) Anexo BV - Detalle de Montaje de Estación de Aborto.

## 5. CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- La Sala de Control Eléctrico Contenerizada cumple con un diseño eléctrico que le permite recibir 13.8KV de entrada y entregar a su salida 13.8KV con una capacidad máxima de 1250A, capacidad dividida en 10 celdas a través de los alimentadores disponibles en el Switchgear.
- El Switchgear alimenta un Transformador de 75KVA, transformando la tensión a 209.3/121V, de modo que el PCR, a través del Panel de Distribución Principal está en capacidad de suministrar energía a 209.3/121V con una capacidad máxima de 200A, valor de corriente limitado por los valores comerciales de disyuntores.
- El Panel de Distribución Principal alimenta el UPS y desde allí al Panel de Distribución de energía respaldada, desde allí se tiene disponibilidad de 209.3/121V con una capacidad máxima de 20A.

- Desde el equipo Rectificador – Cargador se dispone de alimentación de 125VDC con una capacidad máxima de 80A. Desde allí se realiza el respaldo de energía para el sistema de control del Switchgear.
- El sistema de respaldo de energía en VDC, el sistema de respaldo de energía en VAC, el Switchgear y el Panel del sistema contra incendios, a través del Panel de comunicaciones tienen capacidad de comunicarse con puertos de comunicación Ethernet, RS232 y RS485, con protocolos de comunicación modbus RTU, modbus TCP/IP y TCP/IP.
- Todos los dispositivos de suministro de energía, esto es el Switchgear y los Paneles de Distribución contemplan posibilidad de crecimiento en un promedio del 30%.
- El PCR Contenerizado cuenta con un sistema de tierra con dos secciones, uno de tierra eléctrica equipotencial con el modelo estructural y otro de tierra electrónica independiente y asilado. Ambos sistemas cuentan con facilidades de integración a la malla de tierra de la plataforma destino.
- Todo el sistema de rutas de Bandeja Porta-cables, Conduit y soportes, se ha diseñado con materiales certificados y criterios de montaje acorde al código NEC. Se han optimizado trayectorias en función de trazar una ruta funcional.

- Cada uno de los cables ha sido seleccionado y dimensionado acorde a las certificaciones pertinentes y a un riguroso análisis de cargas, lo que garantiza su correcto desempeño.
- El diseño de iluminación en el PCR Contenerizado cumple con los márgenes sugeridos por la API, garantizando condiciones de trabajo seguras.
- El desarrollo de la ingeniería conceptual, básica y de detalle del PCR Contenerizado implica coordinación multidisciplinaria, ya que es vital que el área mecánica y el área civil ajusten el diseño estructural al diseño eléctrico y a las facilidades que este requiere para que el producto final sea funcional, por ejemplo, es necesario que la estructura prevea facilidades mecánicas para anclaje del equipamiento eléctrico, así también es necesario que se realicen perforaciones al piso y paredes para que el ingreso y salida de cables en el PCR sea fácilmente realizable.
- El diseño del PCR Contenerizado representa beneficio a nivel ambiental, ya que disminuye de forma considerable la incursión de personal técnico en zonas sensibles.
- El sistema contra incendios, en su etapa de detección siempre debe contar con señales de control para apagado de equipos eléctricos en el caso de una alarma de incendio, para el presente proyecto se considera el apagado de aires

acondicionados y tablero de distribución principal, pero de existir mas equipos críticos, como es un variador de frecuencia, se gestionará también su apagado.

- El PCR contiene equipos de aire acondicionado dimensionados acorde a su carga térmica, incluyendo en esta carga el tráfico de personal, adicionalmente debe ser hermético, para no perder frio a través de las paredes elaboradas con panel aislante, por tanto la hermeticidad se debe asegurar, ya que es imperativo que no haya ingresos de agua en caso de lluvias, por ello este es un factor del que debe realizarse pruebas.
- Previo al proceso de construcción del PCR Contenerizado es necesario elaborar un plan de calidad por medio del cual se verifique que las condiciones de montaje e integración de sistemas y equipos cumplen con el estándar técnico requerido para un equipo de estas características.

## **5.2. RECOMENDACIONES.**

- Cada PCR Contenerizado es un equipo especializado, es necesario un proceso de capacitación para operarlo, en tal motivo solo interactuará en él, solo personal calificado.

- El peso del PCR Contenerizado terminado debe estar acorde a condiciones de izaje y transporte reales y seguras, esto quiere decir que debe estar dentro de los parámetros de carga que una grúa o una cama baja pueden operar.
- Las dimensiones del PCR Contenerizado terminado no deben exceder los límites establecidos en las regulaciones vigentes en el país para transporte de carga, esto se establece en el Acuerdo Ministerial #036, Art.2 del Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Si las necesidades del Contenedor derivan en un equipo mas grande, es necesario gestionar los permisos pertinentes para transportarlo, o ejecutar la ingeniería con un diseño modular, que sea integrable en su destino.
- Cada componente del PCR Contenerizado debe ser certificado, así como su proceso de instalación y montaje debe obedecer a las recomendaciones técnicas establecidas en las normas y códigos aplicables a cada equipo y disciplina.
- Es mandatorio en un PCR Contenerizado que además de presentar un diseño técnicamente funcional, también debe disponer de un ambiente seguro y ergonómico, de modo que la interacción del operador humano en las instalaciones del mismo represente un riesgo mínimo a su integridad.

- Es importante que el diseño del PCR cuente con facilidades de mantenimiento y operación de equipos eléctricos y electrónicos, esto es plataformas y camineras amplias y correctamente montadas, espacio alrededor de cada equipo suficiente para que el operador ejecute trabajos e forma segura, facilidades de conexionado de barra de tierra a malla de tierra de la plataforma destino, etc.
- Posterior a la construcción del PCR Contenerizado es importante realizar pruebas de hermeticidad en paredes, techo, juntas y puertas.
- El en interior del PCR Contenerizado debe colocarse toda la señalética de seguridad necesaria, esto es letreros de uso de EPP eléctrico adecuado, ubicación de salidas de emergencia, Avisos de alta tensión en equipos eléctricos, indicativos de ingreso de solo personal autorizado. Todo esto adicional a las luminarias de emergencia y alarmas audibles y visuales de emergencia.
- Es recomendable que sobre el piso del PCR Contenerizado se tienda vinyl dieléctrico y además se cubra con alfombra dieléctrica de 36KV, esto frente a todo equipo eléctrico de media tensión.
- Las puertas deben hacer un sellado hermético además será mandatorio el que cuenten con barra anti pánico.

- En toda actividad de izaje se debe ejecutar un plan de acción técnico y seguirlo a cabalidad, el peso del contenedor puede oscilar entre 5 y 20 Toneladas, por lo que siempre su manipulación debe ser segura.

## BIBLIOGRAFÍA

**International Building Code.** (2009). *International Building Code - IBC.*

Obtenido de <https://law.resource.org/pub/us/code/ibr/icc.ibc.2009.pdf>

**ABB.** (2013). *UniGear ZSI.* Obtenido de

[http://www05.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/0c607e4f986a123cc1257c62005a6d18/\\$file/catalogue%20ug%20zs1\\_revf\\_2013\\_12\\_en.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/0c607e4f986a123cc1257c62005a6d18/$file/catalogue%20ug%20zs1_revf_2013_12_en.pdf)

**Agencia Nacional de Hidrocarburos de Colombia.** (2008). *Cadena Productiva de Hidrocarburos.* Obtenido de [www.anh.gov.co](http://www.anh.gov.co)

**Amazonía Forestal.** (2011).

<http://amazoniaforestal.blogspot.com/2012/01/exploracion-petrolera.html>.

Obtenido de Exploración Petrolera:

<http://amazoniaforestal.blogspot.com/2012/01/exploracion-petrolera.html>

**American Institute of Steel Construction.** (2014). *American Institute of Steel Construction - AISC.* Obtenido de [www.aisc.org](http://www.aisc.org)

**American National Standards Institute.** (2013). *American National Standards Institute - ANSI.* Obtenido de

[http://www.standardsportal.org/usa\\_en/standards\\_system/ansi\\_private.aspx](http://www.standardsportal.org/usa_en/standards_system/ansi_private.aspx)

**American Petroleum Institute.** (2014). *American Petroleum Institute - API.*

Obtenido de [www.api.org](http://www.api.org)

**American Society for Testing Materials.** (2013). *American Society for Testing Materials - ASTM.* Obtenido de

[http://www.standardsportal.org/usa\\_en/sdo/astm.aspx](http://www.standardsportal.org/usa_en/sdo/astm.aspx)

**American Society of Civil Engineers.** (2014). *American Society of Civil Engineers - ASCE*. Obtenido de [www.asce.org](http://www.asce.org)

**American Society of Mechanical Engineers.** (2013). *American Society of Mechanical Engineers - ASME*. Obtenido de [http://www.standardsportal.org/usa\\_en/sdo/asme.aspx](http://www.standardsportal.org/usa_en/sdo/asme.aspx)

**American Welding Society.** (2013). *American Welding Society - AWS*. Obtenido de [http://www.standardsportal.org/usa\\_en/sdo/aws.aspx](http://www.standardsportal.org/usa_en/sdo/aws.aspx)

**American Wire Gauge.** (2011). *Calibre americano para conductores*. Obtenido de <https://diaclau.wordpress.com/2011/03/23/hello-world/>

**Amperis.** (2007). *Amperis - Cargador de Baterías*. Obtenido de <http://www.amperis.com/productos/miscelanea/cargadores-baterias/mmf/>

**ANSI - ASHRAE Standard.** (2003). *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality / ANSI - ASHRAE Standard 62-2001*. Atlanta.

**APC.** (2012). *APC - Sistemas de respaldo de energía ininterrumpida*. Obtenido de [www.apc.com](http://www.apc.com)

**APC.** (2014). *UPS ON-LINE*. Obtenido de [www.apc.com](http://www.apc.com)

**APC.** (2014). *UPS Symmetra*. Obtenido de [http://www.apc.com/products/resource/include/techspec\\_index.cfm?base\\_sku=SYH4K6RMT-P1](http://www.apc.com/products/resource/include/techspec_index.cfm?base_sku=SYH4K6RMT-P1)

**AZUL.** (2007). *OCP - Mantenimiento del Oleoducto*. Obtenido de [http://www.azul.com.ec/esp/proyecto.php?id\\_proyecto=31](http://www.azul.com.ec/esp/proyecto.php?id_proyecto=31)

**Banco Central del Ecuador.** (2014). *Reporte del Sector Petrolero (actualizado 2014)*. Quito.

**Barberii, E.** (1998). *El Pozo Ilustrado*. Caracas: FONCIED.

**BELDEN .** (2012). *5320UZ Multi-Conductor - Circuit Integrity in a Conduit.*

Obtenido de <http://www.belden.com/techdatas/metric/5320UZ.pdf>

**Campo, E.** (2010). *El Petróleo: Perforación de Pozos.* Obtenido de

[http://ingesaerospace-mechanicalengineering.blogspot.com/2010/06/el-petroleo-](http://ingesaerospace-mechanicalengineering.blogspot.com/2010/06/el-petroleo-perforacion-de-pozos.html)

[perforacion-de-pozos.html](http://ingesaerospace-mechanicalengineering.blogspot.com/2010/06/el-petroleo-perforacion-de-pozos.html): [http://ingesaerospace-](http://ingesaerospace-mechanicalengineering.blogspot.com/2010/06/el-petroleo-perforacion-de-pozos.html)

[mechanicalengineering.blogspot.com/2010/06/el-petroleo-perforacion-de-](http://ingesaerospace-mechanicalengineering.blogspot.com/2010/06/el-petroleo-perforacion-de-pozos.html)

[pozos.html](http://ingesaerospace-mechanicalengineering.blogspot.com/2010/06/el-petroleo-perforacion-de-pozos.html)

**CAN-TECHNOLOGIES.** (2009). *www.can-technologies.com.* Obtenido de

CAN TECHNOLOGIES: [http://www.can-](http://www.can-technologies.com/literature/brochures/MCC_and_Switchgear_Overview.pdf)

[technologies.com/literature/brochures/MCC\\_and\\_Switchgear\\_Overview.pdf](http://www.can-technologies.com/literature/brochures/MCC_and_Switchgear_Overview.pdf)

**CEPAL - ILPES.** (2009). *CEPAL - ILPES.* Quito.

**CHEMETRON SCI FM200.** (2014). *www.chemetron.com.* Obtenido de

[www.kidde-fenwal.com](http://www.kidde-fenwal.com): [www.kidde-fenwal.com](http://www.kidde-fenwal.com)

**Codigo Ecuatoriano de la Construcción CEC.** (2001). *CPE INEN 5 - Parte*

*1:2001.* Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.5.1.c12.2001.pdf>

**CONDUIT PIPE COMPANY.** (2004). *CONDUIT PIPE PRODUCTS.*

Obtenido de <http://www.conduitpipe.com/>

**CONELEC.** (Junio de 2002). *www.conelec.gob.ec.* Obtenido de

[www.conelec.gob.ec/normativa/CodificacionReglamentoTarifas.doc](http://www.conelec.gob.ec/normativa/CodificacionReglamentoTarifas.doc)

**CONELEC.** (2005). *Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad.*

Obtenido de

[www.conelec.gob.ec/normativa/ReglamentoSuministroElectricidad.doc](http://www.conelec.gob.ec/normativa/ReglamentoSuministroElectricidad.doc)

**Crouse Hinds - Luxicon.** (2012). *CCH News LATAM.* Obtenido de

[http://www.crouse-hinds-latam.com/uploads/pdfs/cch-](http://www.crouse-hinds-latam.com/uploads/pdfs/cch-news/CCH%20NEWS_LATAM_abril_2012.pdf)

[news/CCH%20NEWS\\_LATAM\\_abril\\_2012.pdf](http://www.crouse-hinds-latam.com/uploads/pdfs/cch-news/CCH%20NEWS_LATAM_abril_2012.pdf)

**Crouse Hinds.** (2014). *Cooper Industries - Fittings*. Obtenido de <http://www.cooperindustries.com/content/public/en/crouse-hinds.html>

**DELIKON.** (2015). *Delikon Flexible Conduit and Fittings Factory Co*. Obtenido de <http://es.madeinasia.com/factory-112280/>

**Detección y Supresión Inteligente.** (2013). *Sistemas de Supresión de Incendios con Agentes Limpios*. Obtenido de <http://www.dsimexico.com/productos/supresion-de-incendios/novec>

**DIARIO LA HORA.** (2010). *www.lahora.com.ec*. Obtenido de [www.lahora.com.ec](http://www.lahora.com.ec)

**Dominguez, Roni.** (2013). *Faradayos - Tecnología Eléctrica*. Obtenido de <http://faradayos.blogspot.com/2014/01/tipos-tomacorrientes-nema-aplicacion.html>

**EATON .** (2009). *Distribution Panels - Breakers - Cutler Hammer*. Obtenido de [www.eaton.com](http://www.eaton.com)

**EATON .** (2014). *Ensamble de Switchgear de Media Tensión*. Obtenido de [http://www.eaton.mx/ecm/idcplg?IdcService=GET\\_FILE&allowInterrupt=1&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&noSaveAs=1&Rendition=Primary&&DocName=CT\\_232863](http://www.eaton.mx/ecm/idcplg?IdcService=GET_FILE&allowInterrupt=1&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&noSaveAs=1&Rendition=Primary&&DocName=CT_232863)

**Ecuatran S.A.** (2013). *Transformadores*. Obtenido de <http://www.ecuatran.com/productos/transformadores.aspx>

**ECUSTRUT.** (2013). *Sistema de Bandejas Porta Cables y Soportería Estructural* . Quito.

**EECOL Electric.** (2013). *Salas Eléctricas EECOL Electric*. Santiago: EECOL Electric.

**Electricidad General.** (1999). *TABLA DE CAPACIDADES EN SISTEMAS DE BARRAS DE COBRE*. Obtenido de

<http://www.electricidadgeneral.com/descargas/barra-de-cobre/Barra de Cobre y sus Capacidades.pdf>

**Electricidad Gratuita.** (2012). *Amperios - hora*. Obtenido de

[http://www.electricidad-gratuita.com/bateria\\_solar\\_conceptos.html](http://www.electricidad-gratuita.com/bateria_solar_conceptos.html)

**Emerson.** (2014). *Liebert InteleCool2, Shelter Cooling System*. Obtenido de

[http://www.emersonnetworkpower.com/en-](http://www.emersonnetworkpower.com/en-US/Products/PrecisionCooling/TelecomEnclosures/Pages/LiebertInteleCool2ShelterCoolingSystem525-175kW.aspx)

[US/Products/PrecisionCooling/TelecomEnclosures/Pages/LiebertInteleCool2ShelterCoolingSystem525-175kW.aspx](http://www.emersonnetworkpower.com/en-US/Products/PrecisionCooling/TelecomEnclosures/Pages/LiebertInteleCool2ShelterCoolingSystem525-175kW.aspx)

**EMERSON Network Power.** (2014). *Sistemas de Aires Acondicionados*.

Obtenido de [http://www.emersonnetworkpower.com/es-](http://www.emersonnetworkpower.com/es-CALA/Products/PrecisionCooling/Pages/default.aspx)

[CALA/Products/PrecisionCooling/Pages/default.aspx](http://www.emersonnetworkpower.com/es-CALA/Products/PrecisionCooling/Pages/default.aspx)

**Empresa Eficiente.** (2014). *Gas Natural Fenosa*. Obtenido de

<http://www.empresaeiciente.com/es/catalogo-de-tecnologias/sectores/industria-lactea>

**Empresa Municipal - Cuerpo de Bomberos Ambato.** (2011). *Clasificación de Incendios*. Obtenido de

<http://www.bomberosmunicipalesdeambato.com/pagina.php?id=&id1=12>

**Endesa.** (2014). *Endesa Educa - Funcionamiento de Transformadores*. Obtenido

de [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educarecursos-interactivos/conceptos-basicos/funcionamiento-de-los-transformadores](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educarecursos-interactivos/conceptos-basicos/funcionamiento-de-los-transformadores)

**Endesa.** (2014). *Sistemas de Iluminación*. Obtenido de

[http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educarecursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/xxii.-sistemas-de-iluminacion](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educarecursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/xxii.-sistemas-de-iluminacion)

**EP PETROECUADOR.** (2013). *EP PETROECUADOR*. Quito.

**Flores, César.** (2010). *Ground Fault Circuit Interrupter*. Obtenido de Seguridad con la Electricidad: <http://seguridadconelectricidad.blogspot.com/2010/05/que-es-un-gfci.html>

**General Cable.** (2014). *Catalogos Cables*. Obtenido de [www.generalcable.com](http://www.generalcable.com)

**Gruope Omerin.** (2010). *Factores de Conversión*. Obtenido de [http://www.groupe-omerin.com/data\\_produits/pdf/ODP\\_CONV\\_ES.PDF](http://www.groupe-omerin.com/data_produits/pdf/ODP_CONV_ES.PDF)

**HAZE HZY.** (2014). *Damia Solar*. Obtenido de [http://www.damiasolar.com/productos/minisearch\\_haze](http://www.damiasolar.com/productos/minisearch_haze)

**Herrera, L., & Castellanos, E.** (2011). <http://hidro-c-alifaticos.blogspot.com/2011/04/petroleo.html>. Obtenido de HIDROCARBUROS ALIFATICOS: <http://hidro-c-alifaticos.blogspot.com/2011/04/petroleo.html>

Huete, M. (2008). *SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y PROTECCIÓN PARA SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES*. Obtenido de Universidad de San Carlos de Guatemala: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0214\\_EO.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0214_EO.pdf)

**HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO. LTD.** (Octubre de 2011). [www.hyundai-engine.com](http://www.hyundai-engine.com). Obtenido de [www.hyundai-engine.com](http://www.hyundai-engine.com): [www.hyundai-engine.com](http://www.hyundai-engine.com)

Illuminatig Engineering Society. (2015). *Illuminatig Engineering Society - IES*. Obtenido de <http://www.ies.org>

**INDUCABLES.** (2014). *CABLES DE COBRE PARA FUERZA Y CONTROL*. Obtenido de [www.inducables.com](http://www.inducables.com)

Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2014). *Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE*. Obtenido de <http://standards.ieee.org>

**Insulated Cable Engineers Association.** (2014). *Insulated Cable Engineers Association - ICEA*. Obtenido de <http://www.icea.net>

**International Society of Automation.** (2014). *International Society of Automation - ISA*. Obtenido de [http://www.standardsportal.org/usa\\_en/sdo/isa.aspx](http://www.standardsportal.org/usa_en/sdo/isa.aspx)

**Khan, U.** (2012). *FM-200*. Obtenido de <http://itggarminmountwallpaper.blogspot.com/2012/11/fm-200.html>

**Leviton.** (2014). *TWA Comm*. Obtenido de [http://www.levitonproducts.com/catalog/dept\\_id\\_966/model\\_5362.htm?sid=7854C6349B42EFBF75C65AEA92AF4F31&pid=1208](http://www.levitonproducts.com/catalog/dept_id_966/model_5362.htm?sid=7854C6349B42EFBF75C65AEA92AF4F31&pid=1208)

**MASSATIERRA.** (2011). *ABC DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA Y PARARRAYOS*. Obtenido de [http://massatierra.net/download/ABC\\_Sistemas\\_PuestaTierra\\_y\\_Pararrayos\\_v03-03-12.pdf](http://massatierra.net/download/ABC_Sistemas_PuestaTierra_y_Pararrayos_v03-03-12.pdf)

**MDS Power.** (2013). *MajorCharge Industrial Battery Chargers*. Obtenido de [http://www.mdspower.com/majorcharge/majorcharge\\_industrial\\_specs.pdf](http://www.mdspower.com/majorcharge/majorcharge_industrial_specs.pdf)

**Ministerio de Ciencia y Tecnología.** (2003). *Cálculo de Caidas de Tensión*. Obtenido de [http://www.f2i2.net/Documentos/LSI/rbt/guias/guia\\_bt\\_anexo\\_2\\_sep03R1.pdf](http://www.f2i2.net/Documentos/LSI/rbt/guias/guia_bt_anexo_2_sep03R1.pdf)

**Ministerio de Transporte y Obras Públicas.** (2012). *Acuerdo Ministerial No. 036*. Obtenido de [http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/ACUERDO-036\\_2012.pdf](http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/ACUERDO-036_2012.pdf)

**Mont - Buque Petrolero.** (2011). *Mont - Buque Petrolero*.

**National Electrical Manufacturers Association.** (2004). *ANSI/IEC 60529-2004 Degrees of Protection*. Obtenido de [www.nema.org/Standards/.../ANSI-IEC-60529.pdf](http://www.nema.org/Standards/.../ANSI-IEC-60529.pdf)

**National Electrical Manufacturers Association.** (2013). *National Electrical Manufacturers Association - NEMA*. Obtenido de [http://www.standardsportal.org/usa\\_en/sdo/nema.aspx](http://www.standardsportal.org/usa_en/sdo/nema.aspx)

**National Fire Protection Association.** (2011). *NFPA 70 - NEC*. Quincy, Massachusetts.

**National Fire Protection Association.** (2014). *National Fire Protection Association - NFPA*. Obtenido de <http://www.nfpa.org>

**NEMA - Enclosure Types.** (2005). *NEMA - Enclosure Types*. Obtenido de <https://www.nema.org/Products/Documents/nema-enclosure-types.pdf>

**OKONITE.** (2012). *Bulletin OSL*. Obtenido de [www.okonite.com](http://www.okonite.com)

**Organización Sabelotodo.** (2103). *Conetado Tomacorrientes e Interruptores*. Obtenido de <http://www.sabelotodo.org/electrotecnia/conectarbasicos.html>

**PEMEX.** (2003). *CLASIFICACIÓN DE ÁREAS PELIGROSAS Y SELECCIÓN DE EQUIPO ELÉCTRICO*. Obtenido de [www.pemex.com/proveedores-y.../NRF-036-PEMEX-2010.pd](http://www.pemex.com/proveedores-y.../NRF-036-PEMEX-2010.pd)

**PETROAMAZONAS.** (2006). *www.petroamazonas.ec*. Obtenido de [www.petroamazonas.ec](http://www.petroamazonas.ec): [www.petroamazonas.ec](http://www.petroamazonas.ec)

**PETROAMAZONAS EP.** (2013). *Proyectos Bloques PAM*. Quito.

**Phaesun.** (2011). *Container Systems* . Obtenido de Container Systems : [www.phaesun.com](http://www.phaesun.com)

**PIL.** (2013). *Niveles de Tensión PCR Contenerizado*. Quito: Informes Internos Departamento de Paquetizados - PIL S.A.

**PIL S.A.** . (2014). *Informe Internos - Proyectos PIL S.A.* Quito.

**PIL S.A.** (2009). *Informes Internos - Proyectos PIL S.A.* Quito: PIL S.A.

**PIL S.A.** (2012). *Informes Internos - Proyectos PIL S.A.* Quito: PIL S.A. .

**PIL S.A.** (2013). *Informe Internos - Proyecto PIL S.A.* Quito.

**Poblete, M.** (2013). *Prevención de Riesgos Laborales.* Obtenido de

<https://www.uco.es/servicios/dgppa/images/prevencion/Documentacion/Cursos/CDI.pdf>

**Powell.** (2003). *Powell Electrical Manufacturing Company.* Retrieved from General Electric Company: [www.powellind.com](http://www.powellind.com)

**Powell.** (2014). <http://www.powellind.com>. Obtenido de

<http://www.powellind.com>:

<http://www.powellind.com/ProductsServices/Pages/PCR-R.aspx>

**Powell.** (2014). *Powell Electrical Manufacturing Company.* (Powell, Editor, & Powell, Productor) Obtenido de [www.powellelectric.com](http://www.powellelectric.com)

**Protecompu.** (2014). *Aires Acondicionados.* Obtenido de

<http://www.protecompu.com/index.php/productos/sistemas-mecanicos/aire-acionado2>

**Renzetti, M.** (2008). *Notas sobre electricidad.* Obtenido de

<http://www.e29.com.mx/pdf/FactordePotencia.pdf>

**SAEG Engineering Group.** (2010). *Aire Acondicionado de Precisión.* Obtenido

de <http://www.saeg.pe/38-equipos-de-aire-acionado-de-precision-marca-data-aire-usa>

**Sánchez, A.** (2013). *AIRE ACONDICIONADO, tipos de aparatos (II)* . Obtenido

de <http://ahorrarcadadiaconloselectrodomest.blogspot.com/2013/05/aire-acionado-tipos-de-aparatos-ii.html>

**SIDEI Ingenieros.** (2012). *Equipos de Respaldo de Energía Eléctrica*. Obtenido de <http://www.sidei.cl/pdfs/UPS%20y%20SPS.pdf>

**Siemens.** (2007). *Distributed Control Systems*. Obtenido de [http://w3.siemens.com/mcms/process-control-systems/SiteCollectionDocuments/efiles/pcs7/support/marktstudien/PLC\\_or\\_DCS.pdf](http://w3.siemens.com/mcms/process-control-systems/SiteCollectionDocuments/efiles/pcs7/support/marktstudien/PLC_or_DCS.pdf)

**SIEMENS.** (2009). *Protección Contra Incendios - Sinorix TM 1230*. Obtenido: [https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/building\\_technologies/proteccion\\_incendios/extincion\\_incendios/pages/extincion\\_incendios.aspx?tabcardname=Sinorix%201230](https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/building_technologies/proteccion_incendios/extincion_incendios/pages/extincion_incendios.aspx?tabcardname=Sinorix%201230)

**SLACOL.** (2012). *Informes Internos - Proyectos SLACOL PIL*. Quito.

**SOR Instrumentación de Procesos.** (2008). Clasificación de áreas peligrosas. *Guía de Productos SOR*, 14, 15.

**SOUTHWIRE.** (2013). *SouthWire Cable / SIS Cable*. Obtenido de <http://www.southwire.com/ProductCatalog/XTEInterfaceServlet?contentKey=prodcatsheetsub22>

**STORMCOPPER.** (2011). <http://www.stormcopper.mx/barra-de-tierra-electrics.html>. Obtenido de <http://www.stormcopper.mx/barra-de-tierra-electrics.html>

**Sylvania.** (2012). *Lámparas IP-65*. Obtenido de [www.sylvania.com](http://www.sylvania.com)

**Sylvania.** (2013). *Iluminación de Emergencia*. Obtenido de <http://www.havells-sylvania.com.co/iluminaciondeemergencia>

**Tabla 3.1.** (2014). *PIL S.A. - PCR Contenerizado*. Quito.

**Tabla 3.10.** (2013). *Informes Internos - Proyectos PIL S.A.* Quito.

**Underwriters Laboratories.** (2013). *Underwriters Laboratories - UL*. Obtenido de [http://www.standardsportal.org/usa\\_en/sdo/ul.aspx](http://www.standardsportal.org/usa_en/sdo/ul.aspx)

**Unicrom.** (2012). *UPS - Definición y Configuración* . Obtenido de [http://www.unicrom.com/Tut\\_tipos-configuraciones-sistemas-ups-definiciones-on-line.asp](http://www.unicrom.com/Tut_tipos-configuraciones-sistemas-ups-definiciones-on-line.asp)

**Unión Industrial Argentina.** (2004). *Cadena del Petróleo y el Gas Natural*. Obtenido de Cadena del Petróleo y el Gas Natural: [www.uia.org.ar](http://www.uia.org.ar)

**UPS.** (2012). *Ingeniería Eléctrica - Criterios Constructivos*. Obtenido de [http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/290/5/Capitulo2\\_.pdf](http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/290/5/Capitulo2_.pdf)

**VIKON Electrónica.** (2013). *Cables de seguridad*. Obtenido de <http://www.viakon.com.mx/catalogo/detalle.php?producto=112>

**Victron Energy.** (2008). *Tecnología VRLA*. Obtenido de <http://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Datasheet-GEL-and-AGM-Batteries-ES.pdf>

**VOLTRAN.** (2014). *Catalogo Transformadores*. Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/voltran/transformadores-distribucion-aplicaciones-eolicas-26980-792413.html>

**WARTSILA.** (2013). *Soluciones para Centrales Eléctricas Wartsila*. Obtenido de [www.wartsila.com](http://www.wartsila.com)

**ZOLODA - Riel DIN.** (2006). *Montaje y soporte de Rieles DIN*. Obtenido de [http://www.dacroce.com.ar/imagenes/catalogo/pdf/zoloda\\_rielesdemontaje.pdf](http://www.dacroce.com.ar/imagenes/catalogo/pdf/zoloda_rielesdemontaje.pdf)



## ACTA DE ENTREGA RECEPCIÓN DE TESIS DE GRADO

En Santa Clara - Sangolquí, Cantón Rumifahui, Provincia de Pichincha, con fecha 26 DE FEBRO DE 2015, ante el Ing. Luis Orozco, Director de la Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control, de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", comparece el Sr. Egresado: Homero Patricio Espinel Orbea, quien manifiesta hacer la entrega de su Tesis de Grado con título: "INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DE UNA SALA DE CONTROL ELÉCTRICO CONTENERIZADA PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN EN PLATAFORMA DE OPERACIÓN PETROLERA". Para constancia de lo actuado, firman las partes.

### ELABORADO POR:

Homero Patricio Espinel Orbea

CI: 1712931953

### AUTORIDADES:

Ing. Luis Orozco MSc.



DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL