



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA HIGRO-
TÉRMICO AUTOMATIZADO E IMPLEMENTACIÓN DEL
PROCESO ESTANDARIZADO DE MANEJO Y
ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES SMAW PARA LA SB
E.P**

AUTOR: AYO SIMBAÑA CARLOS WILMER

DIRECTOR: MSc. JOSÉ GUASUMBA

CO-DIRECTOR: ING. OSWALDO MARIÑO

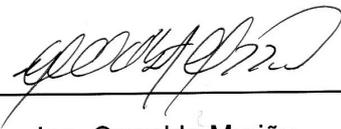
SANGOLQUÍ, MAYO 2015.

CERTIFICADO DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA HIGRO-TÉRMICO AUTOMATIZADO E IMPLEMENTACION DEL PROCESO ESTANDARIZADO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES SMAW PARA LA SB E.P.”** fue realizado en su totalidad por Ayo Simbaña Carlos Wilmer, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.



MSc. José Guasumba
DIRECTOR



Ing. Oswaldo Mariño
CODIRECTOR

Sangolquí, 07 de Mayo, 2015

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Ayo Simbaña Carlos Wilmer.

Declaro que:

El trabajo de culminación de carrera denominado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA HIGRO-TÉRMICO AUTOMATIZADO E IMPLEMENTACION DEL PROCESO ESTANDARIZADO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES SMAW PARA LA SB E.P.”** Ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de 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.



Sr. Ayo Simbaña Carlos Wilmer
CC 1716244437

Sangolquí, 07 de Mayo, 2015

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA HIGRO-TÉRMICO AUTOMATIZADO E IMPLEMENTACION DEL PROCESO ESTANDARIZADO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES SMAW PARA LA SB E.P.”

ELABORADO POR:



Ayo Simbaña Carlos Wilmer

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



Ing. José Pérez

DIRECTOR DE LA CIME

AUTORIZACION

Yo: **Ayo Simbaña Carlos Wilmer.**

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación en la biblioteca virtual de la institución del trabajo: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA HIGRO-TÉRMICO AUTOMATIZADO E IMPLEMENTACION DE PROCESOS EN MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES SMAW PARA LA SB E.P.” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad y autoría.



Ayo Simbaña Carlos Wilmer

Sangolquí, 07 de Mayo, 2015

DEDICATORIA

A lo largo de mi vida he aprendido que gracias al amor de DIOS y al amor que nos entregan cada una de las personas que se encuentran a nuestro lado se puede alcanzar cualquier sueño que nos proponemos a todos y todas las personas les dedico este logro.

Dedico esta tesis a mi Dios y a la Virgen por darme el don de la sabiduría, he iluminar mi camino en cada paso que daba hacia este objetivo.

A mis padres Rosa y José que gracias a su esfuerzo, paciencia y amor me enseñaron que no existe un sueño imposible, que con su ejemplo, consejos, han hecho de mi la persona que en este momento soy.

A mis hermanos Edison, Angelica, Maribel, Daniel, Alyzeé por ser más que mis hermanos ser mis amigos, y por siempre estar a mi lado apoyándome.

Ayo Símbaña Carlos Wilmer

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, quien todos los días de mi vida me dio una y mil razones para levantarme y no rendirme nunca.

A mis padres que con su esfuerzo y apoyo incondicional me ha llevado a culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A toda mi amada familia por ser un pilar importante de mi vida, por apoyarme y darme razones para seguir adelante.

A ti mi amiga y compañera que con tu ejemplo y tu forma de ser me has enseñado que ningún sueño es imposible siempre que se lo desee con el corazón.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por acogerme en sus aulas y darnos la herramienta más importante en la vida el conocimiento para lograr el éxito.

A la Carrera de Ingeniería Mecánica por formarme profesionalmente.

Al mi director y codirector el Sr. MSc. José Guasumba e Ing. Oswaldo Mariño por su apoyo que me ha permitido el desarrollo de este proyecto por brindarme sus conocimientos durante todo este tiempo.

A mis amigos, compañeros de aulas que compartimos semestre a semestre este sueño de convertirnos en profesionales.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO..	¡Error! Marcador no definido.
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	II
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	¡Error! Marcador no definido.
AUTORIZACION	III
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVIII
RESUMEN.....	XIX
ABSTRACT	XX
CAPITULO 1.....	1
GENERALIDADES.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 GENERAL.....	3
1.3.2 ESPECÍFICOS.....	3
1.4 ALCANCE.....	3
1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	4
CAPITULO 2.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 REINGENIERÍA DE PROCESOS	5
2.1.1 DIAGRAMAS DE PROCESOS	6
2.2 CONSUMIBLES EN EL PROCESO SMAW.....	8
2.2.1 CARACTERÍSTICAS.....	8
2.2.2 CLASIFICACIÓN.....	12
2.2.3 APLICACIÓN DE LOS ELECTRODOS.....	23
2.2.4 MANEJO DE ELECTRODOS.....	24
2.2.5 ALMACENAMIENTO DE ELECTRODOS.....	26

2.3	SISTEMAS DE CALENTAMIENTO.....	30
2.3.1	TIPOS DE SISTEMA DE CALENTAMIENTO.	30
2.3.2	TIPOS DE HORNOS.....	32
2.3.3	PARTES FUNDAMENTALES DE UN SISTEMA TÉRMICO	36
2.3.4	COMPONENTES DEL SISTEMA TÉRMICO	37
2.3.5	LADRILLOS REFRACTARIOS.....	37
2.3.6	AISLAMIENTO TÉRMICO.....	39
2.3.7	ELEMENTOS DE CALENTAMIENTO (RESISTENCIA..... ELÉCTRICAS)	40 40
2.4	ACCESORIOS DE CONTROL.	42
2.4.1	SENSORES PARA TEMPERATURA.....	42
2.4.2	TERMISTORES	45
2.4.3	MICROCONTROLADORES.....	45
2.4.4	PLC's.....	46
2.5	TRANSFERENCIA DE CALOR.....	47
2.5.1	TIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.	47
2.5.2	TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN	48
2.5.3	TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN.....	52
2.5.4	TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN.....	54
2.5.5	BALANCE ENERGÉTICO.....	56
	CAPITULO 3.....	57
	LEVANTAMIENTO TECNICO ESTADO ACTUAL DE LA SB E.P	57
3.1	RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA	57
3.2	ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA.....	60
3.2.1	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL ACTUAL DE SANTA BARBARÁ E.P.....	60
3.2.2	ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL DE LA EMPRESA SANTA BARBARÁ E.P	61
3.2.3	ORGANIGRAMA FUNCIONAL DE LA EMPRESA SANTA BARBARÁ E.P	62
3.3	MISION.....	63
3.4	VISION.....	63

3.5	ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN.....	63
3.5.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE PUENTES Y ESTRUCTURA LIVIANA.	65
3.5.1.1	DIAGRAMAS DE PROCESOS.....	72
3.5.1.2	DIAGRAMA GENERAL DE FLUJO DE PROCESO	72
3.6	LEVANTAMIENTO DE PROCESO DE MANEJO Y ALMACENAJE PARA LOS TIPOS DE CONSUMIBLES PARA EL PROCESO SMAW.	72
3.6.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE MANEJO Y ALMACENAJE PARA LOS TIPOS DE CONSUMIBLES PARA EL PROCESO SMAW.....	72
3.6.1.1	DIAGRAMA DE PROCESO.....	73
3.6.1.2	DIAGRAMA GENERAL DE FLUJO DE PROCESO.....	73
3.6.2	DEFICIENCIAS EN EL PROCESO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO PARA LOS CONSUMIBLES PARA EL PROCESO SMAW ACTUAL.....	73
3.6.3	DEFICIENCIAS DE PROCESO EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO.	74
3.6.3.1	DEFICIENCIAS DE PROCESO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN.....	75
	CAPITULO 4.....	77
	DISEÑO Y SELECCIÓN.....	77
4.1	ANÁLISIS DEL SISTEMA	77
4.1.1	CONDICIONES FÍSICAS	77
4.1.2	CAPACIDAD DE CARGA.....	81
4.2	DISEÑO TÉRMICO DEL SISTEMA.....	82
4.2.1	ANÁLISIS DE TEMPERATURAS EN EL SISTEMA TÉRMICO.....	82
4.2.1.1	DATOS METODOLÓGICOS.....	82
4.2.1.2	CONDICIONES AMBIENTALES DE BODEGA DE MÁQUINA HERRAMIENTA.....	82
4.2.2	ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR	83
4.2.2.1	CÁLCULO DE COEFICIENTE DE CONVECCIÓN.....	84

4.2.2.1.1	CALCULO DEL COEFICIENTE DE CONVECCIÓN EXTERNO PARA LA TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN LIBRE O NATURAL	84
4.2.2.1.2	CALCULO DE COEFICIENTE DE CONVECCIÓN INTERNO ...	88
4.2.2.1.3	CALCULO DE COEFICIENTE DE RADIACIÓN.....	92
4.2.2.1.4	REPRESENTACIÓN DE CIRCUITOS DE RESISTENCIAS TÉRMICAS PARA EVALUAR LA TEMPERATURA SUPERFICIAL.	94
4.2.3	BALANCE ENERGETICO	96
4.2.3.1	CALCULO DEL CALOR REQUERIDO PARA CALENTAR LA CARGA.....	96
4.2.3.1.1	CALOR QUE ABSORBE EL ELECTRODO	97
4.2.3.1.2	CALOR QUE ABSORBE LA BANDEJA	98
4.2.3.1.3	CALOR QUE SE NECESITA PARA CALENTAR EL AIRE CIRCUNDANTE Q_{aire}	98
4.2.3.1.4	CALOR DE EVAPORACIÓN Q_{ev}	99
4.2.3.1.5	CALCULO DE CALOR SENSIBLE Q_{sen}	100
4.2.3.1.6	CALCULO DE CALOR LATENTE q_{lat}	102
4.2.3.2	CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE TRANSFERENCIA A TRAVÉS DE PAREDES	103
4.2.3.2.1	CALCULO DE ÁREAS DE TRANSFERENCIA DE CALOR	106
4.2.3.3	RENDIMIENTO DEL HORNO.	111
4.2.3.4	POTENCIA DEL HORNO	112
4.3	DISEÑO MECANICO DEL SISTEMA.....	113
4.3.1	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA.....	113
4.3.1.1	DISEÑO DEL PERFIL QUE VA A SOPORTAR LA CARGA DE LA BANDEJA.....	113

4.3.1.2	CÁLCULO DE ESFUERZOS CORTANTES.....	115
4.3.1.3	CÁLCULO DEL MOMENTO FLECTOR	116
4.3.1.4	CÁLCULO DE FACTOR DE SEGURIDAD.....	117
4.4	SELECCIÓN DE COMPONENTES Y MATERIALES.....	120
4.4.1	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO.....	120
4.4.2	SELECCIÓN DE MATERIALES PARA LA CÁMARA DE CALENTAMIENTO	122
4.4.3	SELECCIÓN DEL TIPO DE AISLANTE	123
4.4.4	LADRILLOS REFRACTARIOS.....	125
4.4.5	SELECCIÓN DE RESISTENCIA ELÉCTRICA PARA EL CALENTAMIENTO.	125
4.5	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION	127
4.5.1	SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE CONTROL.	127
4.5.2	SELECCIÓN DEL SENSOR DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA.	130
4.5.3	SELECCIÓN DE TEMPORIZADOR.....	130
4.5.4	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	130
4.6	ELABORACION DE PLANOS	131
4.6.1	PLANOS DE CONJUNTO.....	131
4.6.2	PLANOS DE TALLER.	131
	CAPITULO 5.....	132
	CONSTRUCCION, EMSAMBLE Y PRUEBAS DE EXPERIMENTACION	132
5.1	CONSTRUCCION.....	132
5.1.1	CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CÁMARA DE CALENTAMIENTO	132
5.1.2	CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA CARCASA DEL SISTEMA TÉRMICO.....	138
5.1.3	CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA QUE CONFORMA LA PUERTA DEL SISTEMA TÉRMICO.	140
5.2	ENSAMBLE DEL SISTEMA TERMICO.....	141
5.2.1	ENSAMBLE DE LAS PARTES DEL SISTEMA TÉRMICO.....	141
5.2.2	ENSAMBLE DEL CIRCUITO DE POTENCIA.....	142
5.2.3	ENSAMBLE DEL SISTEMA DE CONTROL.....	143

5.3	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	146
5.3.1	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO PARA RECUPERACIÓN DE ELECTRODOS	146
5.3.2	PRUEBAS DE SOLDADURA CON ELECTRODO DEFECTUOSO.	158
5.3.3	PRUEBAS DE SOLDADURA CON ELECTRODO RECUPERADO Y MANTENIDO EN EL SISTEMA TÉRMICO.....	162
5.4	ELABORACION MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	167
5.4.1	MANUAL DE OPERACIÓN.....	167
5.4.2	MANUAL DE MANTENIMIENTO.....	167
	CAPITULO 6.....	169
	IMPLEMENTACION DEL PROCESO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES SMAW PARA LA DIVISION INDUSTRIAL	169
6.1	PROCESO PROPUESTO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO ESTANDARIZADO DE CONSUMIBLES.	169
6.1.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PROPUESTO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES EN EL PROCESO DE SOLDADURA SMAW.	169
6.1.2	ACTUADORES Y RESPONSABILIDADES EN EL PROCESO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES SMAW PROPUESTO.	170
6.1.3	DIAGRAMA DEL PROCESO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES SMAW PROPUESTO.	172
6.1.4	PROCEDIMIENTO PROPUESTO DEL PROCESO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES SMAW.	172
6.2	IMPLEMENTACION DEL PROCESO PROPUESTO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES SMAW.....	175
6.2.1	FASE DE ALMACENAMIENTO.....	175
6.2.2	FASE DE SECADO O RECUPERACIÓN.....	177
6.2.3	FASE DE PRODUCCIÓN.....	178
	CAPITULO 7.....	179
	ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO	179

7.1 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	179
7.1.1 COSTOS DIRECTOS.....	179
7.1.2 COSTOS INDIRECTOS.....	181
7.1.3 COSTOS TOTALES DEL SISTEMA.....	182
7.2 ANÁLISIS FINANCIERO.....	182
CAPITULO 8.....	187
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	187
8.1 CONCLUSIONES.....	187
8.2 RECOMENDACIONES.....	188

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Símbolos para Diagramas de Procesos.....	6
Tabla 2 Símbolos para Diagramas de Flujos	8
Tabla 3 Tabla de Clasificación de Electrodo para Posiciones de Soldeo...	13
Tabla 4 Tabla de Clasificación de Electrodo Características	13
Tabla 5 Clasificación y Características de los Electrodo de Acero al Carbono	14
Tabla 6 C Composición Química para Metal de Soldadura no Diluido de Electrodo Recubiertos de Acero de Baja Aleación.....	17
Tabla 7 Recomendaciones para el resecado de electrodo	27
Tabla 8 Recomendaciones para el uso de electrodo de bajo Hidrogeno ...	28
Tabla 9 Tipos De Ladrillos Refractarios	38
Tabla 10 Materiales usados en aislamiento de hornos eléctricos.....	40
Tabla 11 Características de los Materiales usados para las RTD.....	44
Tabla 12 Consumo de Electrodo 7018- 1/8 Año 2013.	78
Tabla 13 Consumo de Electrodo 6011 – 1/8 Año 2013	79
Tabla 14 Tablas de Humedad del Electrodo E7018.....	100
Tabla 15 Ponderación (F.P.).....	104
Tabla 16 Comparación de Opciones (Temperatura de Trabajo).....	104
Tabla 17 Comparación de Opciones (Menor Costo).....	105
Tabla 18 Comparación de Opciones (Maleabilidad)	105
Tabla 19 Matriz final de Resultados.....	105
Tabla 20 Factores de seguridad.	119
Tabla 21 Factor de Ponderación (F.P.).....	120
Tabla 22 Comparación de Opciones (Portabilidad)	121
Tabla 23 Comparación de Opciones (Menor Costo).....	121
Tabla 24 Comparación de Opciones (Temperatura).....	121
Tabla 25 Matriz final de Resultados.....	122
Tabla 26 Factor de Ponderación (F.P.).....	123
Tabla 27 Comparación de Opciones (Temperatura de Trabajo).....	123
Tabla 28 Comparación de Opciones (Conductividad).....	124
Tabla 29 Comparación de Opciones (Costo)	124
Tabla 30 Matriz final de Resultados.....	125
Tabla 31 Factor de Ponderación (F.P.).....	126
Tabla 32 Comparación de Opciones (Temperatura de Trabajo).....	126
Tabla 33 Comparación de Opciones (Resistividad)	126
Tabla 34 Comparación de Opciones (Costo)	126
Tabla 35 Matriz final de Resultados.....	127
Tabla 36 Factor de Ponderación (F.P.).....	128
Tabla 37 Comparación de Opciones (Menor precio)	128
Tabla 38 Comparación de Opciones (Tamaño)	128
Tabla 39 Comparación de Opciones (Precisión).....	129
Tabla 40 Comparación de Opciones (Software)	129
Tabla 41 Comparación de Opciones (Programación)	129
Tabla 42 Matriz final de Resultados.....	130

Tabla 43 Plancha para Cámara de Calentamiento.	133
Tabla 44 Planchas Carcasa Sistema Térmico.	138
Tabla 45 Planchas Puerta Sistema Térmico.....	140
Tabla 46 Recuperación de electrodo E7018 a Temperatura 350°	147
Tabla 47 Recuperación de electrodo E7018 a Temperatura 350°	148
Tabla 48. Recuperación de electrodo E6011 a Temperatura 100°C	150
Tabla 49. Recuperación de electrodo E7018 a Temperatura 350°	151
Tabla 50. Mantenimiento de electrodo E7018 a Temperatura 70° C	153
Tabla 51. Recuperación de electrodo E7018 a Temperatura 70°	154
Tabla 52. Mantenimiento de electrodo E6011 a Temperatura 100° C	156
Tabla 53. Recuperación de electrodo E7018 a Temperatura 350°.	157
Tabla 54. Costo de Material para Estructura del Horno.	179
Tabla 55. Costo de Material para Sistema de Calentamiento.....	180
Tabla 56. Costo de Material para el Sistema de Control.....	180
Tabla 57. Costo de Diseño e Ingeniería.....	180
Tabla 58. Costo de Mano de Obra.....	181
Tabla 59. Costos Indirectos de Mano de Obra	181
Tabla 60. Costos Indirectos Totales de Mano de Obra.....	182
Tabla 61. Análisis de Ingresos	183
Tabla 62. Análisis de Egresos.....	183
Tabla 63. Periodo de Recuperación de la Inversión	184
Tabla 64. Flujo de Caja Neto	184
Tabla 65. Tasa Interna de Retorno	185
Tabla 66. Valor Actual neto.....	185
Tabla 67. Valor Costo/Beneficio.....	186

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Grafica Humedad Relativa y Temperatura vs Meses.	2
Figura 2 Diagrama de Procesos Básico.....	6
Figura 3 Partes de un Electrodo Revestido	9
Figura 4. Manejo de electrodos proceso Productivo	25
Figura 5. Partes Fundamentales de Sistema Térmico.....	37
Figura 6. Ladrillos Refractarios	38
Figura 7. Termocuplas tipo J.....	43
Figura 8. Diagrama de Gradiente Térmico.....	48
Figura 9. Diagrama de Conducción Unidimensional en Pared Plana.	50
Figura 10. Diagrama de analogía eléctrica	51
Figura 11. Transferencia de Calor por Convección.....	52
Figura 12. Diagrama de Capa Límite Térmica	53
Figura 13. Línea de producción Armas y Municiones	58
Figura 14. Línea de producción División Industrial.	58
Figura 15. Línea de producción Servicios Logísticos de Seguridad y de Defensa	59
Figura 16. Ubicación Geográfica Santa Bárbara. E.P.....	59
Figura 17 Estructura Orgánica Santa Barbará E.P	61
Figura 18 Estructura Orgánica Funcional Santa Barbará E.P.....	62
Figura 19. Galpón Andec Guayaquil	64
Figura 20. Hangar Petroecuador Aeropuerto Internacional Tababela.....	64
Figura 21. Montaje del Arco Puente Reventador	65
Figura 22. Almacenamiento Inadecuado de Consumibles.....	74
Figura 23. Trazabilidad Deficiente	74
Figura 24. Falta de Control de Calidad	75
Figura 25. Electrodo sin Condiciones Óptimas.	75
Figura 26. Defectos de Soldadura	76
Figura 27. Desperdicios de Consumibles.	76
Figura 28. Distribución de Productos Internos en el Horno.....	80
Figura 29. Dimensiones de la cámara de Transferencia de calor.	81
Figura 30. Circuito Térmico Equivalente para una pared compuesta.	83
Figura 31. Representación de la analógica eléctrica	94
Figura 32. Vista Frontal Cámara de Calentamiento, Calculo de Áreas.....	106
Figura 33. Vista Lateral Cámara de Calentamiento, Calculo de Áreas.....	107
Figura 34. Viga con Carga Distribuida a Ser Diseñada.....	113
Figura 35. Reacciones que actúan sobre la Viga.....	114
Figura 36. Diagrama de Fuerzas Cortantes.....	116
Figura 37. Diagrama de Momento Flector	117
Figura 38. Sección Transversal Perfil Estructural (L 25x25x2)	117
Figura 39. Cámara de Calentamiento Central.	134
Figura 40. Cámara de Calentamiento Superior.....	135
Figura 41. Ángulos Soporte Bandejas.	135
Figura 42. Cámara de Calentamiento Ensamblada	136
Figura 43. Bandejas.....	137
Figura 44. Carcasa Exterior	139

Figura 45. Carcasa Exterior Tapa Posterior.....	139
Figura 46. Carcasa Exterior Tapa Posterior.....	141
Figura 47. Ensamble del sistema Térmico.....	142
Figura 48. Circuito de Potencia Sistema Térmico.....	143
Figura 49. Circuito del Sistema de Control	144
Figura 50. Circuito del Sistema de Control	144
Figura 51. Circuito de Conexión del Control de Temperatura.....	145
Figura 52. Circuito de Conexión del Control de Temperatura.....	145
Figura 53. Recuperación de Electrodo 7018 a 350°C.....	148
Figura 54. Recuperación de Electrodo 6011 a 100°C.....	151
Figura 55. Mantenimiento de Electrodo 7018 a 70°C	154
Figura 56. Figura de mantenimiento de Electrodo E6011 a 100 °C.....	157
Figura 57. Probeta Electrodo 7018 Húmedo.....	159
Figura 58. Probeta Electrodo 6011 Húmedo.....	159
Figura 59. Probeta Electrodo 7018 (2 días a la Intemperie)	160
Figura 60. Probeta Electrodo 6011 (2 días a la Intemperie)	160
Figura 61. Probeta Electrodo 7018 (8 horas a la Intemperie)	161
Figura 62. Probeta Electrodo 6011 (8 horas a la Intemperie)	161
Figura 63. Probeta Electrodo 7018 Envase.	163
Figura 64. Probeta Electrodo 6011 Envase.	163
Figura 65. Probeta Electrodo 7018 Recuperado.....	164
Figura 66. Probeta Electrodo 6011 Recuperado.....	164
Figura 67. Probeta Electrodo 7018 Mantenido.	165
Figura 68. Probeta Electrodo 6011 Mantenido.....	165
Figura 69. Almacenamiento de Consumibles	176
Figura 70. Toma de Humedad Relativa	176
Figura 71. Mantenimiento de Consumibles.....	177
Figura 72. Recuperación de Consumibles	177
Figura 73. Colocación de Consumibles en Termos	178
Figura 74. Toma de Humedad Relativa	178

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Diagrama de Procesos División Industrial.

Anexo B: Diagrama de Proceso de Manejo y Almacenamiento de Consumibles SMAW.

Anexo C: Tablas Para Cálculos

Anexo D: Planos

Anexo E: Norma AWS A 5.1.

Anexo F: Ensayos de No Destructivos (VT. PT).

Anexo G: Diagrama de Proceso de Manejo y Almacenamiento de Consumibles SMAW Propuesto.

RESUMEN

El presente proyecto se enfoca en desarrollar el diseño y la construcción de un sistema Higro-termico para la implementación de un proceso estandarizado en manejo y almacenamiento de consumibles de soldadura SMAW, que permitirá garantizar la calidad de la soldadura de los diferentes proyectos metalmecánicos que la Empresa Santa Barbará E.P. la necesidad de ofrecer un servicio de calidad en la soldadura a los diferentes clientes de la empresa se requiere la investigación sobre la influencia que tiene la humedad sobre los consumibles de soldadura SMAW y su incidencia en la aparición de defectos para lo cual se diseño y construyo un sistema Higrotermico automatizado el cual controlara las dos variables Humedad y Temperatura para mantener y recuperar los consumibles. Además de desarrollar e implementar los procesos de manejo y almacenamiento de consumibles cuyas especificaciones se encuentran basadas en la norma AWS A5.1-81, con lo cual se podrá evitar tiempos improductivos, reprocesos de manufactura, además de pérdidas económicas por desperdicios de estos, Finalmente, se ha realizado una evaluación de los diferentes componentes que pueden mejorar el equipo de secado a fin de que funcione el mismo dentro de los requerimientos de tiempos y temperaturas de secado que determina la norma AWS A5.1-81.

PALABRAS CLAVES

- **CONSUMIBLES**
- **HIGRO-TERMICO.**
- **HUMEDAD**
- **TEMPERATURA**
- **AWS A5.1-81.**

ABSTRACT

This project focuses on developing the design and construction of a Hygro-Thermal system for implementing a standardized management and storage of welding consumables SMAW process, which will ensure the quality of welding of different metalworking projects the Company Santa Barbara EP the need to provide quality service in welding to different customers of the company's research on the influence of humidity on SMAW welding consumables and its impact on the appearance of defects for which design is required and built one Hygro-Thermal automated system which will control the two variables humidity and temperature to maintain and restore supplies. In addition to developing and implementing management processes and storage of consumables whose specifications are based on the standard AWS A5.1-81, which you can avoid downtime, rework manufacturing, as well as economic losses such waste, Finally, it has conducted an evaluation of the different components that can improve drying equipment to operate it within the requirements of drying time and temperature determines AWS A5.1-81.

KEY WORDS

- **CONSUMABLES**
- **HYGRO-THERMAL.**
- **HUMIDITY**
- **TEMPERATURE**
- **AWSA5.1-81.**

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Tanto el almacenamiento como el precalentamiento de consumibles SMAW requieren ciertos cuidados, debido a que el contenido de humedad del aire es fácilmente absorbido por el revestimiento del electrodo. Un exceso de humedad en el revestimiento puede producir poros en la soldadura, así como el hidrógeno procedente de la humedad puede dar lugar a fisuración en frío en la soldadura.

Además, hay limitaciones con respecto a las condiciones de almacenamiento. Tras el secado final en fábrica de electrodos, estos normalmente se empaquetan en cajas de cartón dentro de fundas de plástico retráctil. Estas cajas no son herméticas al 100%, lo que explica que la humedad circundante pueda entrar y ser absorbida por el revestimiento. La velocidad de absorción de humedad depende de varios factores y, sin hacer un ensayo, es difícil juzgar si los electrodos dentro del embalaje original, tienen demasiada humedad.

Si los electrodos se mantienen en las condiciones de almacenamiento descritas más adelante, pueden permanecer durante un máximo de un año para aplicaciones normales. Se debe tener cuidado durante su transporte y manipulación para evitar que absorban la humedad. Si hubiera dudas de que los electrodos no estuvieran suficientemente secos, deberán ser resecados a la temperatura y tiempo indicados en el paquete.

Todo electrodo revestido, sea del tipo que sea, absorbe humedad muy lentamente, siempre que el almacenamiento se realice en alguna de las siguientes condiciones ambientales:

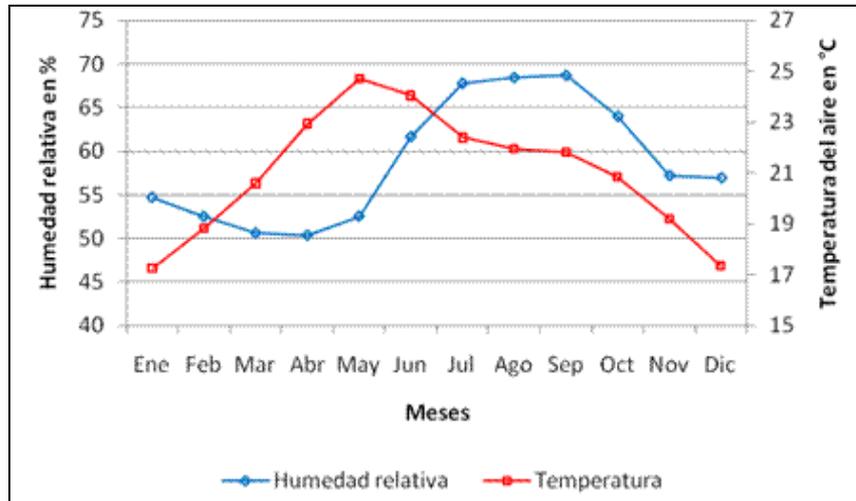


Figura 1 Grafica Humedad Relativa y Temperatura vs Meses.

Fuente: sincronia.cucsh.udg.mx/gonzalezsalazarspring2010.htm.

Si los electrodos han sido almacenados en un lugar frío, deben alcanzar la temperatura ambiente del lugar de trabajo antes de abrir el paquete.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

La División Industrial de la Empresa Pública Santa Bárbara, debido a las exigencias de sus clientes y a la vanguardia de los procesos de gestión de calidad requiere un estudio profundo de las gestiones de almacenamiento y manejo de los consumibles que son requeridos para los diferentes procesos que ellos brindan, como a su vez realizar una reingeniería de proceso en dicha área.

Este estudio tiene como consecuencias el almacenamiento de consumibles en el proceso SMAW en un sistema térmico que cumpla las características de almacenamiento Higo-Térmico controlado y de

precalentamiento pues estos influyen directamente en los procesos de producción, montajes y ensamblaje de estructuras metálicas cuyo elemento de aporte son los mencionados inicialmente.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 GENERAL.

Diseñar y construir un sistema Higro-Térmico automatizado e implementar procesos de manejo y almacenamiento de consumibles SMAW para la SB E.P.

1.3.2 ESPECÍFICOS.

- Estudiar el manejo y almacenamiento actual de los consumibles SMAW.
- Analizar los requerimientos de consumibles en función de la capacidad de producción proyectada.
- Diseñar e implementar el sistema Higro-Térmico automatizado para almacenamiento de los consumibles para el proceso de soldadura SMAW.
- Seleccionar el control de temperatura automatizado para almacenamiento de los consumibles del proceso SMAW.
- Analizar y Validar los resultados del sistema Higro-Térmico automatizado
- Desarrollar un análisis Económico-financiero de la implementación de los procesos estandarizados y del sistema Higro-Térmico automatizado.

1.4 ALCANCE.

El alcance de este proyecto como tesis de grado es llegar a implementar flujogramas y diagramas de procesos que puedan sintetizar las condiciones estándar para el manejo y almacenamiento de consumibles SMAW, y a su vez el diseño y construcción de un sistema Higro-Térmico automatizado que permita mantener la relación entre la temperatura vs. La humedad relativa en el proceso

de almacenamiento de dichos consumibles, tomando en cuenta la capacidad de producción de la empresa.

Complemento a lo anterior en el proyecto implica el desarrollo de planos de conjunto y de taller para su posterior fabricación y la elaboración de un manual de usuario que en conjunto con el sistema Higro-Térmico permitirá optimizar todos los recursos en el proceso de almacenamiento.

1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

En base a los diferentes requerimientos de los clientes y las normativas que actualmente rigen los procesos de gestión de calidad, la Empresa Pública Santa Barbará, confiando en la capacidad profesional de los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE en especial de la Carrera de Ingeniería Mecánica se ha planteado realizar un análisis de las condiciones de manejo y almacenamiento de consumibles en el proceso SMAW que actualmente se realizan en la empresa, pues estos influyen directamente en la calidad de sus procesos y limitan el mantener la gestión de calidad que exige el mercado actual.

La importancia de este proyecto como tesis de grado es la interacción entre estudiantes y sector productivo, pues tiene como finalidad permitir que los estudiantes propongan nuevos procesos y/o sistemas que optimizan las diferentes actividades que se realizan en las empresas y por consiguiente disminuir los gastos de inversión que realiza las mismas. Por efecto del incorrecto manejo y almacenamiento inadecuado de consumibles SMAW.

La Inversión que será recuperada de forma progresiva después de la implementación del proceso propuesto elevando la calidad de sus productos hasta cubrir las necesidades que requiere la empresa frente a las exigencias de sus actuales clientes y del nuevo mercado.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 REINGENIERÍA DE PROCESOS

La reingeniería de procesos es una herramienta gerencial mediante la cual se rediseñan radicalmente los procesos medulares de una empresa, para lograr mejoras dramáticas en productividad, tiempos de ciclo y calidad.

Su adecuada aplicación seguida de innovación y mejoramientos continuos nos permitirá mantenernos competitivos, En términos generales, la reingeniería es una metodología apropiada para revisar y rediseñar procesos, así como para implementarlos. Enfocándose en agregar valor a cada uno de los pasos de un proceso y eliminar aquellos que no den o no puedan dar ningún valor agregado, siendo muy apropiada para generar organizaciones horizontales y organizaciones por procesos, así como para reducir costos, tiempos de procesos, mejorar el servicio y los productos, así como para mejorar la motivación y la participación del personal.

IMPORTANCIA DE LA REINGENIERÍA DE PROCESOS

Entender a la Reingeniería de Procesos como un cambio rápido, corto y radical, con el propósito de generar procesos eficientes para finalmente obtener un producto óptimo es hablar de un cambio ideal que toda institución u organización está esperando y no dudaría en aplicar.

Para empezar es necesario contar con personas sumamente capacitadas tanto en el grupo técnico como las que finalmente van a tomar la decisión de llevar a cabo una Reingeniería de Proceso, las cuales para tomar dicha decisión, deben contar con la información suficiente.

2.1.1 DIAGRAMAS DE PROCESOS

Un proceso se puede definir como "un conjunto de actividades, acciones o toma de decisiones interrelacionadas, caracterizadas por inputs y outputs, orientadas a obtener un resultado específico como consecuencia del valor añadido aportado por cada una de las actividades que se llevan a cabo en las diferentes etapas de dicho proceso".

Lo más importante para representar gráficamente un proceso es identificar el Inicio y el Fin del proceso. Esto debe ser acordado por el grupo de trabajo. Generalmente el inicio y el fin se representan con el icono.

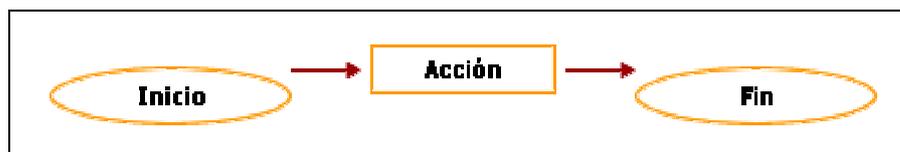


Figura 2 Diagrama de Procesos Básico

Fuente: Diagrama de Proceso (www.sedic.es)

Tabla 1

Símbolos para Diagramas de Procesos

Actividad / Definición	Símbolo
Operación. -Cuando un objeto está siendo modificado en sus características, se está creando o agregando algo o se está preparando para otra operación, transporte, inspección o almacenaje.	
Transporte. - Cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, o el trabajador que esta efectuando la operación excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección.	

Continúa

Inspección.- Cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cantidad de cualesquiera de sus características.	
Demora.- Cuando se interfiere en el flujo de un objeto o grupo de ellos. Con esto se retarda el siguiente paso planeado.	
Almacenaje.- Cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados.	
Actividad combinada.- Cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operario en el mismo punto de trabajo, los símbolos empleados para dichas actividades.	

Nota. Fuente: [https://docs.google.com/document/\(2014\)](https://docs.google.com/document/(2014))

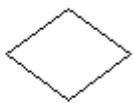
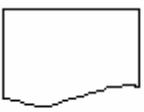
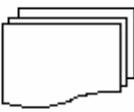
DIAGRAMA DE FLUJO

Es una representación gráfica de un proceso. Cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos gráficos del flujo del proceso están unidos entre sí con flechas que indican la dirección del proceso. El diagrama de flujo ofrece una descripción visual de las actividades implicadas en un proceso mostrando la relación secuencial entre ellas, facilitando la rápida comprensión de cada actividad y su relación con las demás.

BENEFICIOS DEL DIAGRAMA DE FLUJO

Facilita la obtención de una visión transparente del proceso, mejorando su comprensión. Mejora el estudio y aplicación de acciones que redunden en la mejora de las variables tiempo y costes de actividad e incidir, por consiguiente, en la mejora de la eficacia y la eficiencia.

Tabla 2
Símbolos para Diagramas de Flujos

SÍMBOLO	REPRESENTA	SÍMBOLO	REPRESENTA
	Terminal: Indica el inicio o la terminación del flujo del proceso.		Actividad: Representa una actividad llevada a cabo en el proceso.
	Decisión: Indica un punto en el flujo en que se produce una bifurcación del tipo "SI" – "NO"		Documento: Se refiere a un documento utilizado en el proceso, se utilice, se genere o salga del proceso.
	Multidocumento: Refiere a un conjunto de documentos. Un ejemplo es un expediente que agrupa a distintos documentos.		Inspección / Firma: Empleado para aquellas acciones que requieren una supervisión (como una firma o "visto bueno").
	Conector de proceso: Conexión o enlace con otro proceso diferente, en la que continúa el diagrama de flujo.		Archivo Manual: Se utiliza para reflejar la acción de archivo de un documento y/o expediente.
	Base de datos/aplicación: Empleado para representar la grabación de datos.		Línea de Flujo. Proporciona indicación sobre el sentido de flujo del proceso.

Nota. Fuente: <http://www.aiteco.com/que-es-un-diagrama-de-flujo>.

Todas estas razones apuntan hacia el diagrama de flujo como un instrumento primordial para la correcta gestión de los procesos.

2.2 CONSUMIBLES EN EL PROCESO SMAW.

2.2.1 CARACTERÍSTICAS.

El electrodo es el elemento fundamental en el proceso SMAW ya que se trata del consumible o el material que se va a depositar dentro del proceso de soldadura SMAW.

PARTES DE UN ELECTRODO

Un electrodo revestido está formado por una varilla (alma) recubierta por una capa (revestimiento) compuesta por diferentes polvos mezclados (metálicos y/o no metálicos).

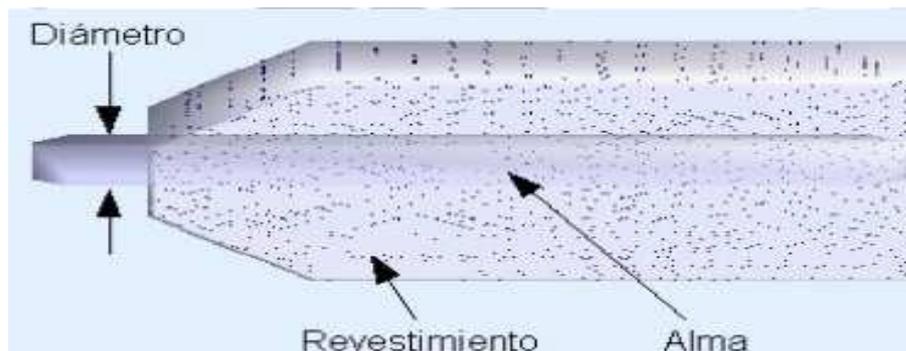


Figura 3 Partes de un Electrodo Revestido

Fuente: <http://www.demaquinasyherramientas.com/>

NÚCLEO DEL ELECTRODO

Consiste en una varilla metálica que conduce la corriente eléctrica y establece el arco eléctrico. El calor producido por este arco hace que se funda progresivamente la punta de la varilla en forma de pequeñas gotas que se depositan en el cordón de soldadura, proporcionando así el material de aporte.

El metal del que está constituido este núcleo depende del metal base que se quiere soldar. Si se suelda acero, generalmente los electrodos serán de acero; y si se suelda aluminio, el núcleo será de aluminio. (www.obtesol.es, 2013)

DIÁMETRO DEL ELECTRODO

El diámetro de los mismos se refiere al de la varilla. Los diámetros Standard utilizados son: 1,6 - 2,0 - 2,5 - 3,0 - 3,25 - 4,0 - 5,0 y 6,0 mm, y las longitudes Standard son: 250 - 300 - 350 y 450mm. (Existen algunos electrodos cuyas longitudes alcanzan los 700 mm).

REVESTIMIENTO

Los revestimientos de los electrodos son mezclas muy complejas de materiales que actúan durante el proceso de fusión del electrodo para cumplir las funciones ya sean estas Eléctricas, Metalúrgicas, Físicas o Mecánicas y Económicas.

COMPOSICIÓN DE REVESTIMIENTOS

La composición de estos revestimientos es muy compleja, ya que se trata generalmente de una mezcla de sustancias orgánicas y minerales, entre las que suelen intervenir:

- Óxidos naturales: óxidos de hierro, sílice, ilmenita.
- Silicatos naturales: caolín, talco, mica.
- Fundentes: espato flúor.
- Productos orgánicos: celulosa, serrín.
- Productos químicos: carbonatos.
- Ferroaleaciones: de Mn, Ti, Si.
- Aglomerantes: silicato sódico, silicato potásico.

FUNCIONES DEL REVESTIMIENTO

ELÉCTRICA.

La función eléctrica del revestimiento otorga al arco una mayor estabilidad y produce un aumento del voltaje al arrancar el mismo.

METALÚRGICA

Es la más relevante, ya que influye directamente sobre la calidad del metal depositado desde el punto de vista de las propiedades físicas. A través de los elementos que tiene incorporado el revestimiento podemos obtener, por un lado, dos tipos diferentes de protección del baño fundido (medio gaseoso y

sólido), y por otro lado, la transferencia de alguno de esos elementos, desde el revestimiento hacia el metal depositado, que producen un incremento en las propiedades mecánicas de la soldadura. Las principales funciones metalúrgicas del revestimiento son las siguientes:

- Proveer una protección gaseosa, producto de la descomposición de materias orgánicas del revestimiento, para proteger el arco eléctrico y el baño de fusión del aire circundante. Esto evita la oxidación de la pileta al líquido y la porosidad que producen al reaccionar gases del aire que entran en contacto con el metal fundido.
- Proveer una protección sólida, que consiste en formar una capa de escoria que cubre, primero, la gota de metal líquido durante su transferencia hacia la pieza a soldar, luego, durante la solidificación protege al metal fundido del contacto con el aire circundante.
- La escoria formada actúa como capa aislante retardando el enfriamiento del metal depositado, lo cual favorece la no fragilización.
- Aporta elementos de aleación que permiten mejorar las propiedades mecánicas del metal aportado.

FÍSICA Y MECÁNICA

- Formación de un cráter en el extremo del electrodo que actúa como cono que dirige el arco en la dirección deseada, además evita que el arco sea errático. La uniformidad del cordón depositado depende principalmente de la conformación de dicho cráter.
- El revestimiento siendo no conductor, constituye un aislante eléctrico del alambre.
- Permitir la soldadura en posición (contra la gravedad) debido al efecto "sostén" que hace la escoria líquida sobre el metal fundido como consecuencia de la tensión superficial que posee la misma.

- Influye sobre el aspecto y la forma del cordón depositado. Una soldadura realizada con un electrodo desnudo (sin revestimiento) produciría un cordón muy irregular, angosto, sin penetración y con mucha sobre monta o sobre espesor.

ECONÓMICO

El agregado de polvo de Fe en el revestimiento permite aumentar el rendimiento de fusión del electrodo (más kilos de metal aportado por hora). (Marques, 2013)

2.2.2 CLASIFICACIÓN

Para los electrodos empleados en este proceso, las especificaciones AWS que aplican son las siguientes:

- AWS A5.1 para electrodos de acero al carbono
- AWS A5.3 para electrodos de aluminio y sus aleaciones
- AWS A5.4 para electrodos de acero inoxidable.
- AWS A5.5 para electrodos de acero de baja aleaciones
- AWS A5.6 para electrodos de cobre y sus aleaciones
- AWS A5.11 para electrodos de Níquel y sus aplicaciones
- AWS A5.13 para electrodos sólidos para revestimientos superficiales
- AWS A5.15 para electrodos de hierro colado
- AWS A5.21 para electrodos compuestos.

El sistema de clasificación de los electrodos recubiertos sigue el modelo empleado en las otras especificaciones AWS para metales de aporte. Tal sistema se ilustra en la tabla 5

Tabla 3**Tabla de Clasificación de Electrodo para Posiciones de Soldeo**

CLASIFICACION	POSICIONES
EXX1X	Plana, Horizontal, vertical y sobre cabeza
EXX2X	Plana y Para Soldadura de Filete en Posición Horizontal
EXX4X	Plana, Horizontal, Sobre Cabeza y Vertical Descendiente

Nota: Fuente Curso Inspector de Soldadura AWS QC1:2007

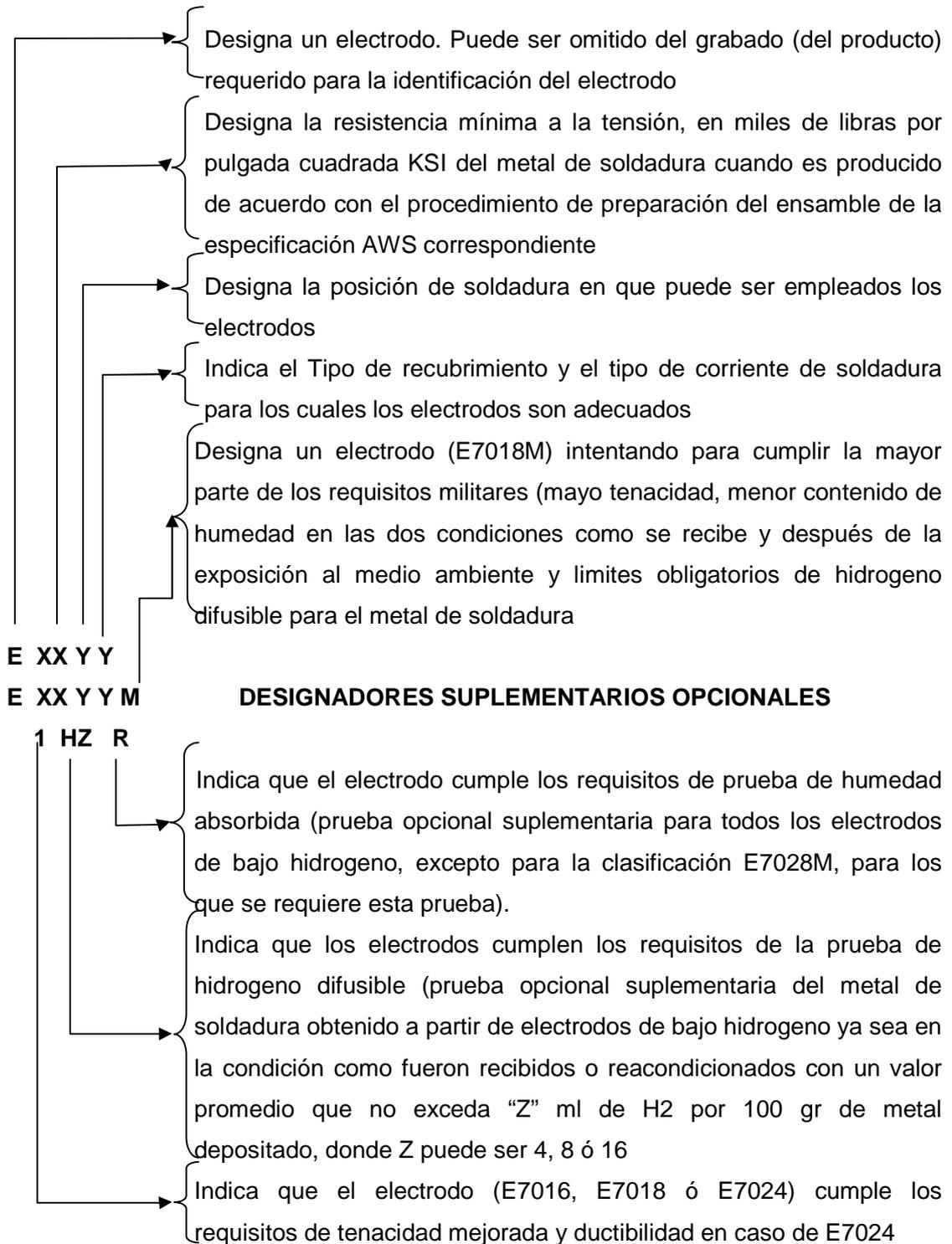
En este sistema de clasificación, los dos o tres primeros dígitos indican la resistencia mínima a la tensión del metal de soldadura obtenido con el electrodo correspondiente, y el tercero (o cuarto) dígito, indica la posición de soldadura para la que cada tipo de electrodo está diseñado.

Tabla 4**Tabla de Clasificación de Electrodo Características**

CLASIFICACION	TIPO DE CORRIENTE	PENETRACION	REVESTIMIENTO
EXXX0	CDEP	PROFUNDA	CELULOSA,SODIO
EXXX1	CA, CDEP	PROFUNDA	CELULOSA, POTASIO
EXXX2	CA,CDEN	INTERMEDIA	RUTIO,SODIO
EXXX3	CA,CDEP,CDEP	LIGERA	RUTIO,POTASIO
EXXX4	CA,CDEN,CDEP	LIGERA	RUTILIO,POLVO DE HIERRO
EXXX5	CDEP	INTERMEDIA	BAJO HIDROGENO SODIO
EXXX6	CA,CDEP	INTERMEDIA	BAJOS HIDROGENO POTASIO
EXXX7	CA,CDEN	INTERMEDIA	POLVO DE HIERRO,OXIDO DE HIERRO
EXXX8	CA,CDEP	INTERMEDIA	BAJO HIDROGENO PLOVO DE HIERRO
EXXX9	CA,CDEP,CDEN	PROFUNDA	OXIDO DE HIERRO RUTILIO Y POTASIO

Nota. Fuente Curso Inspector de Soldadura AWS QC1:2007.

Tabla 5
Clasificación general y características de los electrodos de acero al carbono



Nota. Fuente: Curso Inspector de Soldadura AWS QC1:2007

En las tablas 3, 4, 5, anteriores describen de manera detallada el sistema de clasificación que se emplea para los electrodos recubiertos de acero al carbono (especificación ANSI/AWS A5.1).

Según la clasificación **E7018-1 H8 R** involucra la información siguiente:

E: Electrodo

70: Indica 70,000 libras/pulg² (PSI) de resistencia mínima a la tensión del metal de soldadura.

1: Significa que el electrodo puede usarse en posiciones de soldadura, planas, vertical, horizontal y sobre cabeza.

8: Revestimiento de bajo hidrogeno con potasio y polvo de hierro; electrodo para ser empleado con corriente directa electrodo positivo.

1: Indica que cumple con los requisitos de tenacidad (resistencia al impacto) mejorada (20 libras-pie a -50 °F, o 27 Joules a 47°C).

H8: Significa que el metal depositado con este electrodo contiene como máximo 8ml de H₂/100 gramos de metal depositado (cuando es sometido a uno de los métodos de prueba establecidos en la norma ANSI/AWS A4.3).

R: Denota que el electrodo cumple con los requisitos de humedad absorbida.

La clasificación de los electrodos recubiertos de acero de baja aleación (especificación ANSI/AWS A 5.5) es muy parecida a la empleada para los electrodos de acero al carbono.

Pero adicionalmente contiene un sufijo o designado adicional que indica la composición química del metal de soldadura no diluido producido por el electrodo correspondiente, o si se trata de electrodos intentados para cumplir la mayoría de los requisitos militares o alguna otra aplicación específica.

Los sufijos de la clasificación **E8018-B3L** indican lo siguiente:

E: Electrodo

80: indica que la resistencia mínima a la tensión del metal es de 80,000 PSI.

1: Significa que el electrodo puede usarse en posiciones de soldadura plana, vertical, horizontal y sobre cabeza.

8: Revestimiento de bajo hidrogeno con potasio y polvo de hierro; electrodo para ser empleado con corriente directa electrodo positivo.

B3L:B3 Se refiere a que la composición del metal no diluido tiene un contenido nominal de 2.25% de cromo y 1% de molibdeno.

L indica bajo contenido de carbono (máximo 0.05%).

La designación **E12018M** involucra la siguiente información:

E: Electrodo

120: Designa la resistencia mínima a la tensión del metal es de 120,000 PSI.

1: Significa que el electrodo puede usarse en posiciones de soldadura plana, vertical, horizontal y sobre cabeza.

8: Revestimiento de bajo hidrogeno con potasio y polvo de hierro; electrodo para ser empleado con corriente directa electrodo positivo.

M: Se refiere a que el electrodo está diseñado para cumplir la mayoría de los requisitos militares y que contiene níquel (de 1.75 a 2.50%), cromo (0.30 a 0.55%) y molibdeno (0.30 a 0.55%), también tiene vanadio como elemento adicional y un contenido relativamente elevado de manganeso.

También existen algunos electrodos especialmente diseñados para soldar líneas de tubería, como el E7010-P1, electrodos para soldar aceros expuestos a corrosión debida a agentes atmosféricos, como el E8018-W2, y electrodos para aplicaciones militares. La tabla 6 incluye la información correspondiente a estos electrodos.

Tabla 6

Composición Química para Metal de Soldadura no Diluido de Electrodo Recubiertos de Acero de Baja Aleación.

SUFIJO	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V
A1	0.12	0.60 - 1.00	0.40 - 0.80			0.40 - 0.65	
B1	0.12	0.90	0.60 - 0.80		0.4 - 0.65	0.40 - 0.65	
B2L	0.05	0.90	0.60 - 0.80		1.00 - 1.50	0.40 - 0.65	
B2	0.05 - 0.12	0.90	0.60 - 0.80		1.00 - 1.50	0.40 - 0.65	
B3L	0.05	0.90	0.80 - 1.00		2.00 - 2.50	0.90 - 1.20	
B3	0.05 - 0.12	0.90	0.60 - 1.00		2.00 - 2.50	0.90 - 1.20	
B4L	0.05	0.90	1.00		1.75 - 2.25	0.40 - 0.65	
B5	0.07 - 0.15	0.40 - 0.70	0.30 - 0.60		0.40 - 0.60	1.00 - 1.25	0.05
B6	0.05 - 0.10	1.00	0.90	0.40	4.00 - 6.00	0.45 - 0.65	
B6L	0.05	1.00	0.90	0.40	4.00-6.00	0.45 - 0.65	
B7	0.05 - 1.00	1.00	0.90	0.40	6.00 - 8.00	0.45 - 0.65	
B7L	0.05	1.00	0.90	0.40	6.00 - 8.00	0.45 - 0.65	
B8	0.05 - 0.10	1.00	0.90	0.40	8.00 - 10.50	0.85 - 1.20	
B8L	0.05	1.00	0.90	0.40	8.00 - 10.50	0.85 - 1.20	
B9	0.08 - 0.13	1.25	0.30	1.00	8.00 - 10.50	0.85 - 1.20	
C1	0.12	1.25	0.60 - 0.80	2.00 - 2.75			
C2	0.12	1.25	0.60 - 0.80	3.00 - 3.75			
C3	0.12	0.40 - 1.25	0.80	0.80 - 1.10	0.15	0.35	0.05
C4	0.12	1.25	0.60	1.10 - 2.00			
C5L	0.05	0.40 - 1.00	0.5	6.00 - 7.25			
D1	0.12	1.00 - 1.75	0.9			0.25 - 0.45	
D2	0.15	1.65 - 2.00	0.9			0.25 - 0.45	
G		1.00 min	0.80 min	0.50 min	0.30 min	0.20 min	0.20 min
M	0.10	0.60 - 2.25	0.60 - 0.80	1.25 - 2.50	0.15 - 1.50	0.25 - 0.55	0.05
M1	0.10	0.80 - 1.60	0.65	3.00 - 3.80	0.65	0.20 - 0.30	0.05
NM1	0.10	0.80 - 1.25	0.60	0.80 - 1.10	0.10	0.40 - 0.65	0.02
P1	0.20	1.20	0.60	1.00	0.30	0.50	0.10
W1	0.12	0.40 - 0.70	0.40 - 0.70	0.20 - 0.40	0.15 - 0.30		0.08
W2	0.12	0.50 - 1.30	0.35 - 0.80	0.40 - 0.80	0.45 - 0.70		Cu

Nota. Fuente: Curso Inspector de Soldadura AWS QC1:2007TIPOS.

ELECTRODO E-6010.

Electrodo con polvo de hierro en el revestimiento, que permite una velocidad de depósito mayor y una aplicación más fácil, junto con propiedades mecánicas sobresalientes. La estabilidad del arco y el escudo protector que da el revestimiento, ayudan a dirigir el depósito reduciendo la tendencia a socavar.

CARACTERÍSTICAS:

- Electrodo para acero al carbono
- Con hierro en polvo
- Toda posición
- Corriente continua, electrodo positivo.

APLICACIONES:

- Estanques.
- Tuberías de presión.
- Estructuras de puentes y edificios.
- Cañerías y especialmente cordón raíz.

COMPOSICIÓN QUÍMICA:

C 0.12%; Mn 0.60%; P 0.01% ; S 0,020%; Si 0.24%

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL DEPÓSITO:

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte (según norma AWS: A5.1-91).

- Resistencia al la Tracción: 72500 lb/pulg² (500 MPa).
- Alargamiento (L= 5 d): 26%
- Límite de Fluencia: 64.000 (lb/pulg² (441 Mpa).

ELECTRODO E-6011.

Posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente continua, electrodo positivo. La rápida solidificación del metal depositado, facilita la soldadura en posición vertical y sobre cabeza. El arco puede ser dirigido fácilmente en cualquier posición, permitiendo altas velocidades de deposición.

CARACTERÍSTICAS:

- Electrodo para acero dulce o al carbono.
- Toda posición.
- Corriente continua, electrodo positivo.
- Corriente alterna.
- Revestimiento blanco.

APLICACIONES:

- Cordón de raíz en cañería
- Cañerías de oleoductos
- Reparaciones generales
- Estructuras

COMPOSICIÓN QUÍMICA:

C 0.10 % máx. Mn: 0.68% S 0.02 % Si: 0.3%

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS DEL DEPÓSITO

- Resistencia a la Tracción:(460 – 500) N/mm² (66.7 – 72.5) Ksi.
- Alargamiento (L= 5d): 25%
- Resistencia al Impacto:60 N.m a – 29 °C
- Límite de Fluencia: 420 Mpa (61.000 (lb/pulg²)).

ELECTRODO E-6013.

Electrodo de revestimiento rutilico, de alto rendimiento, operación muy suave, de casi nula salpicadura, de fácil encendido y re encendido. Genera cordones de penetración media, convexos, de excelente apariencia y con escoria auto desprendible.

CARACTERÍSTICAS:

- Electrodo para acero al carbono
- Toda posición
- Corriente continua, ambas polaridades
- Corriente Alterna

APLICACIONES

- Cerrajería
- Muebles Metálicos
- Por su alto rendimiento se recomienda su aplicación en trabajos que requieran altos volúmenes de soldadura.

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS DEL DEPÓSITO

- Resistencia a la Tracción: (500 - 550) N/mm² (72.5 - 79.7) Ksi.
- Punto de Fluencia:(490) N/mm² mín. (71.0) Ksi.
- Alargamiento:(L= 5d) 25% mín.
- Resistencia Ultima a la Tracción:4,710 - 5,000 Kg. /cm² (67,000 A 71,100 PSI)
- Limite Elástico: 4,200 - 4,600 kg. /cm² (59,725 A 65,410 PSI)
- Alargamiento en 5 cm:25%
- Dureza Brinell:160 BHN

ELECTRODO E-7018.

Electrodo de revestimiento básico con alto contenido de hierro en polvo que genera un rendimiento de 120%. Sus depósitos son de bajo hidrógeno, tenaces, resistentes al agrietamiento, libres de poros e inclusiones de escoria, lo cual queda demostrado al realizar el análisis radiográfico. Presenta arco estable de poca salpicadura, cordones de apariencia uniforme con fácil remoción de escoria.

CARACTERÍSTICAS:

- Electrodo para aceros al carbono y de baja aleación.
- Con hierro en polvo.
- Toda posición.
- Corriente continua, electrodo positivo.

APLICACIONES

- Soldadura de los aceros de bajo y medio carbono hasta 0.45%C, aceros al carbono- manganeso, aceros de baja aleación con resistencia a la tracción hasta 70000 Psi, aceros con alto contenido de azufre y fósforo considerados difíciles de soldar. Soldadura de aceros fundidos, aceros de grano fino. Su campo de aplicación abarca temperaturas de trabajo desde - 29°C hasta 350°C.
- Las aplicaciones específicas incluyen plantas de potencia, plantas petroquímicas, montajes de estructuras de acero, equipos de minería, soldadura en ambientes de baja temperatura donde las propiedades de impacto sean importantes, construcción de vagones de trenes, rieles, equipos pesados. Construcciones navales en aceros de los grados A, B, D, y E, erección de plataformas costa afuera, construcción de calderas, tanques, gasoductos y oleoductos.

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS DEL DEPÓSITO

- Composición Química C: 0.08% Máx. Mn: (1.0 - 1.4) % Si: (0.3- 0.6) %
- Resistencia a la Tracción: (510 - 560) N/mm² (73.9- 81.0 Ksi)
- Alargamiento: (L = 5d): 30%
- Resistencia al Impacto: 80 N.m a - 29° C

ELECTRODO E-7024

Electrodo de revestimiento a base de rutilo, con polvo de hierro, lo cual hace que su rendimiento usualmente sea del 150% con relación al núcleo. Se caracteriza por presentar arco suave, silencioso, con escasas proyecciones y cordones convexos de superficie lisa, excelente acabado y escoria de muy fácil remoción.

APLICACIONES

- Por su alto rendimiento, ideal para soldaduras en posición plana y filete horizontal, uniones de planchas gruesas de bisel amplio. Útil en la soldadura de aceros de bajo y medio carbono con resistencia a la tracción hasta 510 N/mm²
- Especialmente indicado en la fabricación de estructuras metálicas tales como: vagones de trenes, estructuras navales, tanques, elementos de máquinas y en general trabajos que requieran soldaduras de calidad radiográfica, rapidez de ejecución y alta velocidad de deposición.

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS DEL DEPÓSITO

- Resistencia Tensil: 5,100 - 5,490 kg. /cm² (72,522 A 78,068 PSI)
- Limite Elástico: 4,500 - 4,800 kg. /cm² (63,990 A 68,256 PSI)
- Alargamiento en 5cm: 22-26%
- Dureza Brinell: 180 BHN.
- Posiciones: Plana y Horizontal

- Corriente: Alterna o Directa Electrodo Positivo
- Resistencia a la tracción: (510 -560) N/mm² (73.9 - 81.0) Ksi (INDURA, 2013)

2.2.3 APLICACIÓN DE LOS ELECTRODOS

Por razones de mayor productividad, calidad y rentabilidad, el proceso SMAW se ha ido reemplazando gradualmente. Sin embargo, la capacidad del proceso SMAW para lograr soldaduras en zonas de acceso restringido significa que todavía encuentra un uso considerable en ciertas situaciones y aplicaciones.

La construcción pesada, tal como en la industria naval, y la soldadura “en campo” se basan en gran medida en el proceso SMAW. Y aunque dicho proceso encuentra una amplia aplicación para soldar prácticamente todos los aceros y muchas de las aleaciones no ferrosas, se utiliza principalmente para unir aceros, tales como aceros suaves de bajo carbono, aceros de baja aleación, aceros de alta resistencia, aceros templados y revenidos, aceros de alta aleación, aceros inoxidable y diversas fundiciones. El proceso SMAW también se utiliza para unir el níquel y sus aleaciones y, en menor grado, el cobre y sus aleaciones, aunque rara vez se utiliza para soldar aluminio.

VENTAJAS:

- Equipo simple, portátil y de bajo costo
- Aplicable a una amplia variedad de metales, posiciones de soldadura
- Posee tasas de deposición del metal relativamente altas
- Adecuada para aplicaciones en exteriores

DESVENTAJAS:

- El proceso es discontinuo debido a la longitud limitada de los electrodos
- Se requiere gran pericia por parte del soldador (INDURA, 2013)

- La soldadura puede contener inclusiones de escoria
- Los humos dificultan el control del proceso (Herramientas, 2012)

2.2.4 MANEJO DE ELECTRODOS.

La parte más importante de un electrodo es su revestimiento, ya que la calidad del metal depositado depende exclusivamente de él. Si el revestimiento está agrietado, desprendido, humedecido o contaminado con aceite, grasa, pintura o cualquier otra suciedad, dará como resultado un depósito que no cumpliría con la calidad requerida. Un revestimiento agrietado, permitiría que se contamine (oxide) el alma del electrodo, provocando la formación de poros y probable inclusión de elementos extraños (no metálicos) en el baño de fusión, los que pueden afectar las propiedades mecánicas del metal depositado.

Un electrodo que tiene desprendido parte de su revestimiento causa dos inconvenientes muy serios; uno, es la desviación del arco eléctrico (hecho que hace ingobernable para el soldador dirigir el arco), el otro, el arco queda desprotegido de la capa gaseosa y por consiguiente, el metal líquido durante la transferencia es contaminado por el aire circundante causando problemas en el cordón depositado.

Un electrodo húmedo, puede generar múltiples complicaciones, desde porosidades en la soldadura hasta fisuras, dependiendo del tipo de material base que se esté soldando, es absolutamente necesario que los electrodos deban ser tratados con mucho cuidado y conservados en recintos cerrados y climatizados. En lo posible los electrodos deben ser conservados en sus envases originales, los cuales a su vez deberán estar en perfecto estado, cerrados herméticamente, sin golpes ni roturas. Las cajas que son abiertas, necesariamente deberán estar almacenadas en recintos climatizados con temperatura y humedad controlada.

Si por alguna causa los electrodos se han humedecido (principalmente los de revestimiento básico), o han permanecido expuestos a la humedad del ambiente por un tiempo prolongado, deberán ser secados en un horno a la

temperatura y tiempo recomendados por el fabricante, antes de ser utilizados nuevamente.

Los electrodos de revestimiento Celulósico y Rutílico, si bien, no requieren ser mantenidos en termos porta electrodos, deberán estar secos (no calientes) y deben ser conservados en sus envases originales hasta el momento de su utilización.

En el esquema siguiente se marca el camino recomendado que deben seguir los consumibles dependiendo de la condición en que ingresan a nuestro proceso de producción: (Soldadura, 2013)

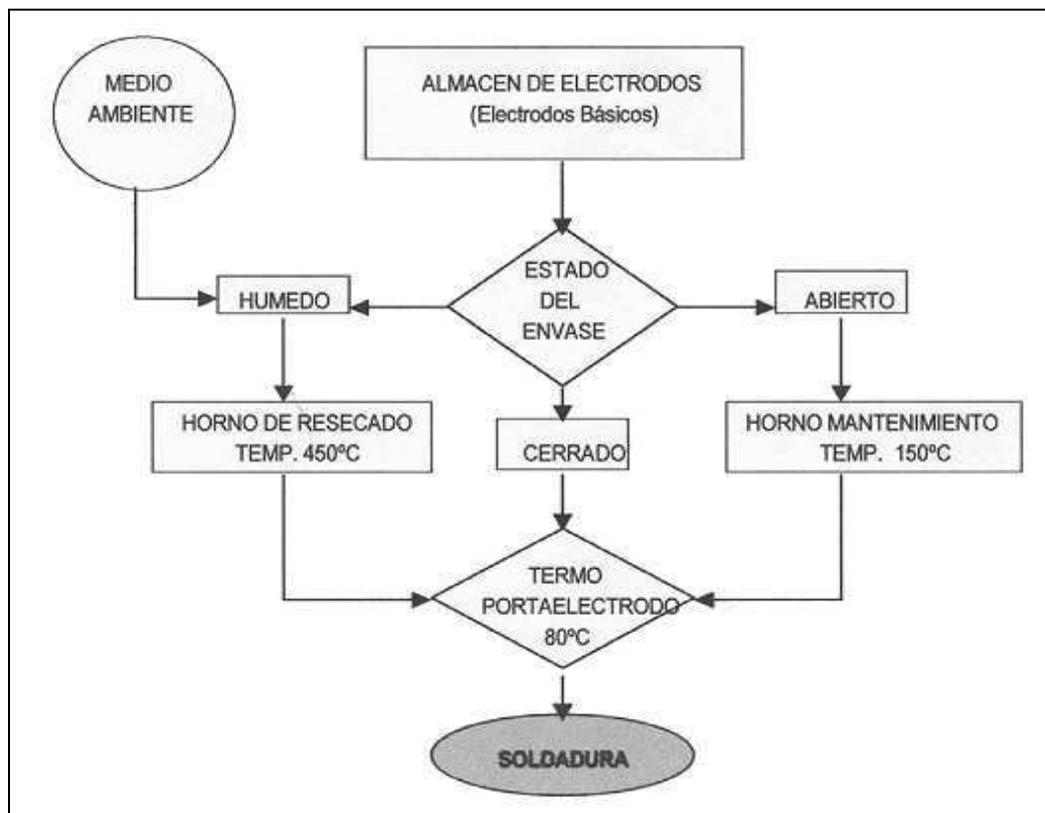


Figura 4. Manejo de electrodos proceso Productivo

Fuente: Técnico de la soldadura UTU CETP

2.2.5 ALMACENAMIENTO DE ELECTRODOS.

Todos los revestimientos de electrodos contienen H₂O. Algunos tipos como los celulósicos requieren un contenido mínimo de humedad para trabajar correctamente (4% para un AWS E-6010). En otros casos, como en los de bajo hidrógeno, se requieren niveles bajísimos de humedad; 0,4% para la serie 70 (Ej. 7018), 0,2% para la serie 80 (Ej. E-8018); 0,15% para las series 90, 100, 110 y 120 (Ej. 9018, 11018, 11018 y 12018).

La humedad del revestimiento aumenta el contenido de hidrógeno en el metal de soldadura y de la zona afectada térmicamente (ZAT). Este fenómeno puede originar fisuras en aceros que presentan una estructura frágil en la ZAT, como los mencionados anteriormente.

Para evitar que esto ocurra se debe emplear electrodos que aporten la mínima cantidad de hidrógeno (electrodos de bajo hidrógeno, Ej. 7018), y además un procedimiento de soldadura adecuado para el material base y tipo de unión. De todo lo anterior se puede deducir fácilmente la importancia que tiene el buen almacenamiento de los electrodos. De ello depende que los porcentajes de humedad se mantengan dentro de los límites requeridos y así el electrodo conserve las características necesarias para producir soldaduras sanas y libres de defectos.

Como las condiciones de almacenamiento y reacondicionamiento son diferentes para los diversos tipos de electrodos, hemos agrupado aquéllos cuyas características son semejantes, a fin de facilitar la observación de estas medidas. Previamente definiremos los siguientes conceptos:

Condiciones de almacenamiento: Son aquéllas que se deben observar al almacenar en cajas cerradas. En Tabla I se dan las recomendaciones para el acondicionamiento de depósitos destinados al almacenamiento de electrodos.

Condiciones de mantención: Son las condiciones que se deben observar una vez que los electrodos se encuentran fuera de sus cajas. En Tabla 7 se indican estas condiciones.

Reacondicionamiento o resecado: Aquellos electrodos que han absorbido humedad más allá de los límites recomendados por la norma requieren ser reacondicionados, a fin de devolver a los electrodos sus características. En Tabla 8 se indican las recomendaciones para el reacondicionamiento de electrodos.

La operación de resecado no es tan simple como parece. Debe realizarse en hornos con circulación de aire. En el momento de introducir los electrodos en el horno, la temperatura del mismo no debe superar los 100°C y las operaciones de calentamiento y enfriamiento deben efectuarse a una velocidad de alrededor de 200°C/hr., para evitar la fisuración y/o fragilización del revestimiento.

Tabla 7

Recomendaciones para el resecado de electrodos

Electrodo		Acondicionamiento del depósito (en cajas cerradas)	Mantenión electrodos (en cajas abiertas)
Clase	Tipo		
EXX10 EXX11	Celulósico Celulósico	Temperatura ambiente.	No recomendado.
EXX12 EXX13 EXX14 EXX24	De rutilo (Fe) De rutilo (Fe) De rutilo (Fe) De rutilo (Fe)	Temperatura 15°C más alta que la temperatura ambiente, pero menor de 50°C, o humedad relativa ambiente menor a 50%.	10°C a 20°C sobre la temperatura ambiente.
EXX15 EXX16 EXX18 EXX48 Inox. E 70/E 120	Básico Básico Básico (Fe) Básico (Fe) De rutilo o básico Básico	Temperatura 20°C más alta que la temperatura ambiente, pero menor de 60°C, o humedad relativa ambiente menor de 50%.	30°C a 140°C sobre la temperatura ambiente.

Nota. Fuente Catalogo de Indura

Tabla 8**Recomendaciones para el uso de electrodos de bajo hidrógeno**

<p>Para soldadura normal de bajo contenido de hidrógeno, con control razonable de nivel de hidrógeno y precauciones rutinarias de calor aportado y precalentamiento.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Electrodos en envases no herméticos o dañados y electrodos que han sido expuestos a atmósfera normal por más de 2 hrs. deben ser resecados antes de usarlos. 2. Electrodos en envases no herméticos pueden usarse sin resecar para la soldadura de aceros de menos de 50 kg/mm² de resistencia en situaciones de bajo embridamiento o cuando la experiencia muestra que no ocurren fisuras. 3. Los electrodos deben mantenerse en termos de 30°C a 140°C sobre la temperatura ambiente.
<p>Para soldadura crítica de bajo contenido de hidrógeno, con extremo control de nivel de hidrógeno, en estructuras importantes y materiales de alto carbono o baja aleación con resistencia mínima mayor de 50 kg/mm².</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Siempre deben resecarse los electrodos antes de usar. 2. Los electrodos deben mantenerse en termos de 30°C a 140°C sobre temperatura ambiente. 3. Los electrodos resecados expuestos por más de 1 hr. a atmósfera normal deben volver a resecarse.
<p>Para soldadura general, donde se usan los electrodos por sus buenas propiedades mecánicas o calidad radiográfica, pero no se requiere un nivel bajo de hidrógeno en el metal depositado.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los electrodos pueden utilizarse directamente a partir de cualquier tipo de envase, siempre que hayan permanecido almacenados en buenas condiciones.

Nota. Fuente Catalogo de Indura

CONDICIONES GENERALES DEL DEPÓSITO.

El depósito o espacio destinado al almacenamiento de electrodos revestidos debe garantizar el aislamiento de la humedad, por lo tanto, techos, paredes y pisos deben estar en perfecto estado de conservación.

Deberá disponer de estanterías o racks para colocar los empaques de electrodos fuera del contacto con el piso.

Deberá tener iluminación suficiente que permita la fácil ubicación e identificación del producto.

CONDICIONES AMBIENTALES:

Es suficiente almacenar a temperatura ambiente en depósitos secos, libres de grasa, suciedad o cualquier otro agente contaminante, siempre y cuando el porcentaje de humedad relativa del ambiente sea menor a 70%. Caso contrario, debería colocarse luminarias para contrarrestar la humedad relativa, lo cual ayudará a evitar que el electrodo revestido absorba humedad con el transcurrir del tiempo.

RECOMENDACIONES PARA EL ALMACENAMIENTO:

- Para preservar el producto y evitar la absorción de humedad, el empaque de electrodos debe mantenerse en buenas condiciones que garantice su hermeticidad; por lo tanto:
- No debe apilarse más de seis (6) cajas para evitar el maltrato de los empaques, así como también el posible deterioro del revestimiento de los electrodos.
- Cuando se almacena en paletas de madera, debe tenerse el cuidado de no colocar una sobre la otra, para evitar los daños mencionados en el punto anterior.
- No debe colocarse empaques de electrodos directamente en contacto con el piso, colocarlos sobre paleta de madera.
- Coloque los empaques de electrodos revestidos en compartimientos separados por grupo y clasificación: aceros al carbono, aceros de baja aleación, aceros inoxidable, para fundición de hierro o recargue duro, según sus correspondientes clasificaciones AWS.
- Situarlos de tal forma que se consuma primero el lote más antiguo; Método primero que entra, primero que sale (FIFO).
- Al realizar el movimiento de los electrodos revestidos, se debe tener cuidado de no golpear los empaques ni dejarlos caer para evitar

deterioro del revestimiento y/o del empaque; en este último caso, podría perderse la hermeticidad del mismo.

- Cuando las condiciones de almacenaje no son cumplidas, el revestimiento del electrodo podría absorber humedad, lo cual puede afectar la sanidad del cordón de soldadura.

2.3 SISTEMAS DE CALENTAMIENTO.

Los sistemas de calentamiento permiten transmitir calor de manera rápida y eficiente por medio de diferentes formas ya sean estas, Efecto Joule, Agua Caliente, Sol, Gases de Combustión, etc. Los sistemas de calentamiento se utilizan para distintas aplicaciones de manufactura y para aplicaciones industriales.

2.3.1 TIPOS DE SISTEMA DE CALENTAMIENTO.

Entre los principales sistemas de calentamiento encontramos los siguientes:

- Sistemas de Calentamiento por Inducción o (Efecto Joule)
- Sistemas de Calentamiento por Gases de Combustión
- Sistemas de Calentamiento por Vapor.

SISTEMAS DE CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN O (EFECTO JOULE).

El calentamiento por inducción o efecto Joule es un método para obtener calor continuo y rápido para aplicaciones industriales en las que haya que soldar o alterar las propiedades de los metales u otros materiales conductores de la electricidad. El proceso utiliza las corrientes eléctricas inducidas en el material para producir calor. Aunque los principios básicos de la inducción son bien conocidos, los últimos avances en la tecnología del estado sólido han simplificado notablemente el calentamiento por inducción, haciendo de ella un método de calentamiento muy rentable para aplicaciones que impliquen empalmes, tratamiento, calentamiento y prueba de materiales.

El calentamiento por inducción es un proceso que se utiliza para endurecer, unir o ablandar metales u otros materiales conductivos. En procesos modernos de fabricación, el calentamiento por inducción ofrece una atractiva combinación de velocidad, consistencia, control y eficiencia energética. (Electrotermia, 2011)

SISTEMAS DE CALENTAMIENTO POR GASES DE COMBUSTIÓN.

En estos sistemas el aprovechamiento del calor liberado en la combustión completa debe ser transferido y depende de la eficiencia de esta operación el nivel de eficiencia del sistema, existiendo siempre la posibilidad de recuperar el calor que se pierde al ambiente. La posibilidad técnicamente más razonable resulta aprovechar este calor para precalentar el aire requerido por la combustión, pero debe tomarse en cuenta que al calentar el aire disminuye su densidad, lo cual afecta las funciones que cumple el aire en la combustión.

Aparentemente siempre resultará buen negocio recuperar calor que se pierde al ambiente y recircularlo a la misma fuente de calor, ahorrando combustible, pero debe tomarse en cuenta que al calentarse el aire disminuyen su calidad como comburente y el impulso del aire primario que aporta la energía cinética para la mezcla.

Para mostrar con objetividad la conveniencia de recuperación de calor a través del aire de combustión efectuemos una evaluación comparativa de lo que representa el calor recuperado y cuanto se afecta la calidad del aire para la combustión, comparando tal efecto con el que se produce al disminuir la presión con la altura. En el caso de hornos, la recuperación de calor debe ser considerada desde la concepción del proceso y las operaciones que comprende el sistema, tomando en cuenta que lo que trabaja siempre es la masa de aire, resultando el volumen que ocupa solamente una condición circunstancial. (Combustionindustrial.com, 2013)

SISTEMAS DE CALENTAMIENTO POR VAPOR.

La generación industrial de vapor es el proceso mediante el cual se produce vapor a presiones por encima de la atmosférica, a partir de la energía de un combustible, o de energía eléctrica.

El vapor producido será posteriormente utilizado en diferentes funciones de la fábrica, tales como aportación de calor en procesos o movimiento de máquinas. El vapor de agua constituye el fluido energético ideal para la industria, que necesita la utilización de calor a diversos niveles de temperatura, generalmente entre los 90°C y 260°C, que corresponden a 0,5 kg/cm² y 60 kg/cm², aproximadamente.

2.3.2 TIPOS DE HORNOS.

HORNO ELÉCTRICO

Los hornos eléctricos son equipos o dispositivos utilizados en la industria, en los que se calientan las piezas o elementos colocados en su interior por encima de la temperatura ambiente.

HORNO DE CUBILOTE

Los cubilotes son hornos cilíndricos verticales compuestos de una envoltura de chapa de acero dulce de 5 a 10mm. De espesor, con un revestimiento interior de mampostería refractaria de unos 250mm. De espesor. El horno descansa sobre cuatro columnas metálicas denominadas pies de sostén del cubilote. (Combustionindustrial.com, 2013)

HORNOS DE REVERBERO.

Los hornos de reverbero se utilizan para la fundición de piezas de grandes dimensiones, tanto de metales férreos como de metales no férreos, como cobre latón, bronce y aluminio.

Los hornos de reverbero son de poca altura y gran longitud. En uno de los extremos se encuentra el hogar donde se quema el combustible, y en el extremo opuesto la chimenea. Las llamas y productos de la combustión atraviesan el horno y son dirigidos, por la bóveda de forma adecuada hacia la solera del horno, donde está situada la carga del metal que se desea fundir. esta carga se calienta, no solo por su contacto con las llamas y gases calientes sino también por el calor de radiación de la bóveda del horno de reverbero.

HORNOS ROTATIVOS.

Los hornos rotativos están formados por una envoltura cilíndrica de acero, de eje sensiblemente horizontal, que termina con dos troncos de cono, uno en cada extremo. En uno de los extremos está situado el quemador y en el otro la salida de los gases quemados, que generalmente pasan por un sistema de recuperación de calor para precalentar el aire de soplado antes de ser evacuados por la chimenea.

HORNOS DE CRISOLES.

Los crisoles son recipientes de arcilla mezclada con grafito y otras sustancias, provistos de tapa para cierre hermético, que una vez cargados y cerrados se caldean en los denominados hornos de crisoles, utilizando como combustible carbón o, más modernamente, gasoil.

La fusión en crisoles es uno de los procedimientos más antiguos y sencillos para elaborar metales, y todavía se emplea, y probablemente se empleara siempre por la economía de su instalación sobre todo para fundir pequeñas cantidades.

HORNOS ELÉCTRICOS DE ARCO.

Los hornos eléctricos de arco están formados por una cuba de chapa de acero revestida de material refractario, provista de electrodos de grafito o de carbón amorfo. Los electrodos de carbón amorfo se forman en el mismo horno,

llenando las camisas que llevan los porta electrodos de una mezcla formada por antracita, cok metalúrgico, cok de petróleo y grafito amasados con alquitrán.

HORNOS ELÉCTRICOS DE INDUCCIÓN

En los hornos eléctricos de inducción, el calor se genera por corrientes inducidas por una corriente alterna. Se distinguen tres clases de hornos de inducción:

HORNOS DE BAJA FRECUENCIA

En estos hornos el calor se produce por el efecto joule de la corriente inducida en el metal que se trata de fundir, que actúa como arrollamiento secundario de un transformador. Los primeros modelos estaban formados por un crisol en forma de anillo que constituía la espira del secundario de un transformador, cuyo primario estaba conectado a la red. Pero en la actualidad los hornos de esta clase están formados por un crisol cuyo fondo está en comunicación con un conducto circular, que forma la espira secundaria del transformador de inducción. El metal contenido en el conducto es el que se funde, desplazándose su masa y comunicando el calor al resto del material.

HORNOS DE ALTA FRECUENCIA

En los hornos de alta frecuencia el calor lo producen las corrientes de Foucault, ordinariamente consideradas como parásitas, inducidas en el metal, que actúa como núcleo de un solenoide o arrollamiento primario. Estos hornos están formados por un crisol refractario que contiene el metal, rodeado de un arrollamiento de tubo de cobre por el que circula una corriente de alta frecuencia, que crea un campo magnético variable, calentándose la masa de metal contenida en el crisol por las corrientes de Foucault inducidas por el campo magnético.

HORNOS ELECTRÓNICOS

En los hornos electrónicos el calor se produce por la vibración molecular del cuerpo que se trata de calentar cuando es sometido a un fuerte campo de radiaciones electromagnéticas de muy alta frecuencia (frecuencias de radio). Estos hornos también denominados de pérdidas dieléctricas, se emplean para aplicaciones para las que sus cualidades específicas los hagan muy superiores, desde el punto de vista técnico, a los demás hornos, compensando así el mayor coste de la fusión.

HORNOS ELÉCTRICOS DE RESISTENCIA

En los hornos eléctricos de resistencia, el calor está producido por el efecto Joule al circular una corriente eléctrica por una resistencia. Se fabrican dos clases de hornos de este tipo para fusión de metales, que son los siguientes:

HORNOS ELÉCTRICOS DE CRISOL

Estos hornos están formados por un crisol rodeado por cintas o varillas de aleaciones de níquel-cromo de alta resistividad que se calienta fuertemente al circular por ellas la corriente eléctrica. Estos hornos sólo se emplean para fundir aleaciones de bajo punto de fusión, como las de soldadura, tipos de imprenta, aleaciones antifricción para cojinetes y aleaciones de aluminio.

HORNOS ELÉCTRICOS DE REVERBERO

Se construyen actualmente dos clases de hornos, de resistencia metálica y de resistencia de grafito. En los hornos eléctricos de resistencia metálica, se produce el calor al circular la corriente eléctrica por resistencias de aleación níquel-cromo de gran sección, alojadas en la bóveda del horno. Estos hornos se utilizan exclusivamente para aleaciones cuya temperatura de fusión sea inferior a 1000°C.

Los hornos eléctricos de resistencia de grafito, están formados por una envuelta cilíndrica, por cuyo eje horizontal, pasa una barra de grafito, que se calienta al circular por ella la corriente eléctrica. Estos hornos son oscilantes, lo que permite bañar con el metal líquido todo el revestimiento refractario y aprovechar así, directamente, el calor acumulado por este. Los hornos de resistencia de grafito se emplean para la fusión de fundiciones especiales y aleaciones de cobre a temperaturas que pueden llegar hasta los 1350°C.

2.3.3 PARTES FUNDAMENTALES DE UN SISTEMA TÉRMICO

Los Sistemas térmicos o horno industrial de es la instalación donde se transforma la energía química de un combustible o la de una resistencia eléctrica en calor que se utiliza para aumentar la temperatura de aquellos materiales depositados en su interior y así llevarles al estado necesario para posteriores procedimientos industriales.

Las partes fundamentales de un Sistema térmico o de un horno son:

HOGAR O CÁMARA DE COMBUSTIÓN: donde se alojan los quemadores o las resistencias eléctricas en la cual se realiza el proceso de calentamiento del material se generan los gases de combustión. Puede coincidir con la cámara de calentamiento o ser una cámara independiente.

CÁMARA DE CALENTAMIENTO: existen distintos tipos, dependiendo de la forma de operación del horno y de su función.

REVESTIMIENTO AISLANTE: recubre todas las cámaras y equipos del horno.

CHIMENEA Y TUBOS DE ESCAPE DE GASES DE COMBUSTIÓN: Suelen ir acoplados a intercambiadores para aprovechamiento de la energía calorífica

que poseen, previo a la emisión a la atmósfera. (www.empresaeficiente.com, 2013)

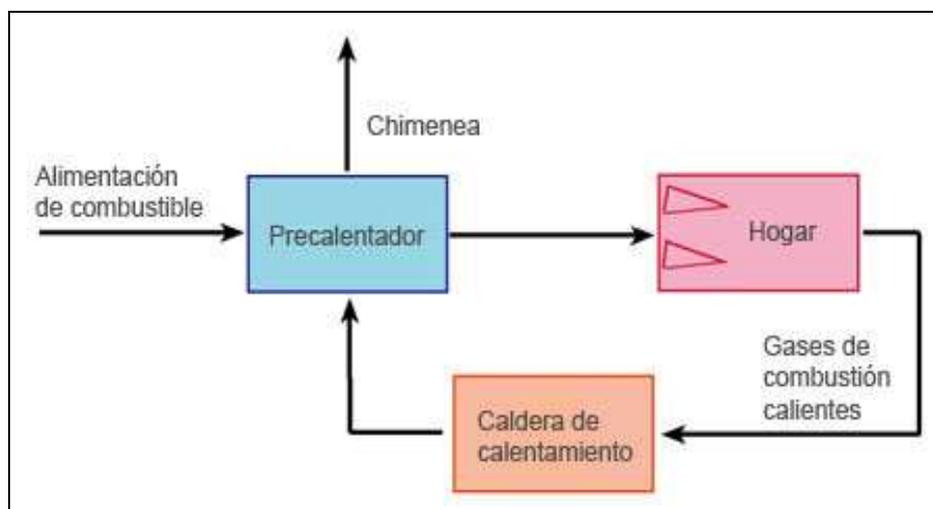


Figura 5. Partes Fundamentales de Sistema Térmico.

Fuente: <http://www.empresaeficiente.com/>

2.3.4 COMPONENTES DEL SISTEMA TÉRMICO

Son los principales materiales que se utilizan para conformar los componentes de un sistema de calentamiento entre los cuales tenemos los siguientes:

- Ladrillos refractarios.
- Aislamiento térmico.
- Resistencias.

2.3.5 LADRILLOS REFRACTARIOS.

Los ladrillos refractarios son productos cerámicos desarrollados con la finalidad de soportar altas temperaturas (mayores a 650 °C) en conjunto a otras solicitaciones físico-químicas, como son erosión, abrasión, impacto, ataque químico, acción de gases corrosivos, cambios bruscos de temperatura, deformación y otros. (Ladrillos Refractarios, 2015)

Son constituidos por óxidos metálicos o mezclas de estos. Los óxidos base para la fabricación de refractarios son: SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , Cr_2O_3 y ZrO_2 . Son utilizados para revestir parrillas, calderas, ollas de aceración, hornos rotatorios de cementeras, etc. Lo que más se destaca de el ladrillo es que se fabrican en gran variedad de calidades que van desde el 36% hasta el 99% de contenido alúmina para soportar diferentes temperaturas y usos distintos. Los ladrillos que son utilizados para recubrir hornos de fundición de acero son los ladrillos de dióxido de silicio.



Figura 6. Ladrillos Refractarios

Fuente: Catálogo Ladrillos Refractarios Erecos.

TIPO DE LADRILLOS REFRACTARIOS

Tabla 9

Tipos De Ladrillos Refractarios

Ladrillo Refractario	Denominación	Características
Universal 30	U-30	Medianamente Refractario (1699°C)
Universal 32	U-32	Altamente Refractario (1724°C)
Universal 33	U-33	Super Refractario (1763°C)
Ercos 40	ER-40	Super Refractario (1763°C)

Nota. Fuente: Catálogo Ladrillos Refractarios Erecos

Universal 30 (U-30).-Ladrillo medianamente refractario, indicado para la construcción de mamposterías de hornos donde las condiciones de operación no son muy severas.

Universal 32 (U-32).-Ladrillo altamente refractario, empleado como revestimiento de seguridad en cucharas de procesos metalúrgicos y como revestimientos de trabajo en hornos donde las condiciones de operación no son muy severas.

Universal 33 (U-33).-Ladrillo súper Refractario, indicado para servicio pesado en bóvedas, muros y pisos de hornos y calderas, cámaras de combustión, zona fría de hornos rotatorios y en general donde además de una alta temperatura de servicio (1763°C) sea importante una buena resistencia al choque térmico y al ataque moderado de escorias y agentes químicos.

Erecos 40 (ER-40).-Ladrillo súper refractario, quemado a mayor temperatura que los convencionales, con muy buena resistencia al ataque por escorias, a la abrasión y al choque térmico, de baja porosidad y alta resistencia mecánica. (Ladrillos Refractarios, 2015)

2.3.6 AISLAMIENTO TÉRMICO.

Los aislamientos térmicos son aquellos que tienen la capacidad para oponerse al paso del calor por conducción. Se evalúa por la resistencia térmica que tienen. Aquellos materiales que ofrecen una resistencia alta, se llaman aislantes térmicos específicos.

La capa interior del aislante térmico debe ser capaz de:

- Soportar el ambiente interior como humos, aire en circulación, gases reductores, etc. (Resistencia térmica).

- Contener sin reacción química, en términos generales, metales y no metales fundidos, a alta temperatura, etc. (Resistencia química). (tecnologías, Materiales Refractarios y Aislantes)

Tabla 10**Materiales usados en aislamiento de hornos eléctricos**

Materiales usados en aislamiento de hornos eléctricos			
Calorífugo	Aislantes	Refractarios	Fibras
Múltiples	<ul style="list-style-type: none"> • Diatomita • Carbonato de magnesio • Lanás minerales • Versiculita • Arcilla y perlita expandida • Silicato cálcico 	Arcillas refractarias Silicatos (de aluminio y otros) Hidratos y óxidos de aluminio Óxidos (sílice, cromita, circonio, etc.) Carbono y carburo de silicio Otros	Igual que en refractarios

Nota. Fuente: <http://www.empresaeficiente.com/es/catalogo-de-tecnologias>

2.3.7 ELEMENTOS DE CALENTAMIENTO (RESISTENCIA ELÉCTRICAS)

Las resistencias de un horno eléctrico están constituidas por un devanado sinuoso montado sobre las superficies interiores de la cámara de calentamiento del mismo. Hay que mencionar que el colocar las resistencias eléctricas en el interior de las paredes se da debido a la radiación que existe en todas las superficies de carga. Los materiales empleados para la fabricación de resistencias eléctricas metálicas en hornos industriales se pueden clasificar en tres grandes grupos:

Aleaciones de base Ni-Cr, de las cuales la más utilizada en resistencias de hornos eléctricos es 80 Ni-20 Cr, las mismas que suelen trabajar en temperaturas que oscilan los 400 a 1100 °C, su punto de fusión se da aproximadamente a los 1400 °C. A continuación se presenta una tabla en la que constan varias resistencias a base de esta aleación.

Aleaciones Fe-Cr-Al, con posible adición de elementos de las tierras raras, obtenidas por fusión o por pulvimetalurgia, su temperatura máxima de trabajo oscila entre los 1100 a 1300 °C, son conocidas con el nombre de resistencias Kanthal, debido a su proveedor.

En relación con las resistencias de las aleaciones Ni-Cr se tiene:

- La densidad es netamente inferior.
- La temperatura de fusión es más elevada.
- La temperatura máxima de utilización es más alta.
- El calor específico y la conductividad térmica son similares.
- La dilatación lineal es más baja.
- La resistencia a la rotura en caliente y la resistencia al creep son más bajas.

Resistencias de otros materiales, tales como el molibdeno, tántalo y tungsteno, que son empleados en hornos especiales de alta temperatura.

Resistencia de molibdeno, el punto de fusión de 2600 °C, admite cargas específicas de 15-20 W/m², pero por empezar a oxidarse a 600 °C, debe operar en vacío o en atmósfera reductora. La resistividad varía fuertemente con la temperatura (5,7 veces superior a 1500 °C que a 20°C), lo que exige el empleo de transformadores con tomas para el arranque, el funcionamiento a la temperatura de trabajo e intermedias. Se utiliza frecuentemente en hornos de vacío para temperaturas inferiores a 1600 1700 °C.

Resistencia de tántalo, tiene un punto de fusión de 3030 °C y se utiliza en horno de vacío en forma de hilos arrollados hasta temperaturas de 2300-2400 °C. Su resistividad a 1500°C es seis veces superior a 20°C.

2.4 ACCESORIOS DE CONTROL.

2.4.1 SENSORES PARA TEMPERATURA.

La temperatura es el parámetro físico más común que se mide en una aplicación industrial, incluso en el caso en que el parámetro de interés no es la temperatura, teniendo por tal motivo un alto grado de importancia, ya que nos sirve como punto de referencia a bastantes eventualidades y diagnósticos. Los diferentes métodos de medición de temperatura desde el punto de vista electrónico, entre los principales son:

- Sensores de temperatura con termopares.
- Circuitos integrados.
- Sensores de temperatura resistivos.

SENSORES DE TEMPERATURA CON TERMOPARES.

El Termopar también llamado Termocuplas, es un dispositivo para la medición de la temperatura, basado en efectos termoeléctricos

Es un circuito formado por dos conductores de metales diferentes o aleaciones de metales diferentes, unidos en sus extremos y entre cuyas uniones existe una diferencia de temperatura originando una fuerza electromotriz. El valor de la fuerza electromotriz proporcional a la temperatura, dependiendo del material de los conductores.

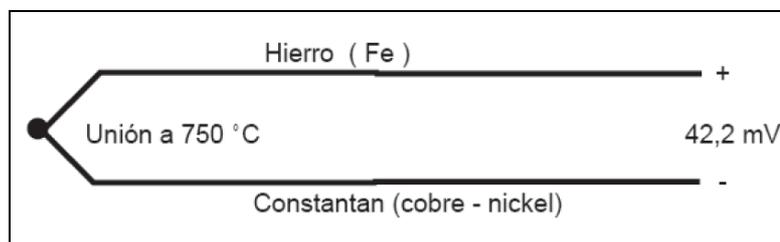


Figura 7. Termocuplas tipo J

Fuente: <http://energytel.typepad.com/>

Normalmente las Termocuplas industriales se consiguen encapsuladas dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está la unión y en el otro el terminal eléctrico de los cables, protegido adentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

TIPOS DE TERMOCUPLAS

Termocuplas Tipo J. Este tipo de Termocuplas resultan satisfactorias para uso continuo en atmósferas oxidantes, reductoras e inertes y en vacío hasta 760°C. Por encima de 540°C, el alambre de hierro se oxida rápidamente.

Se usan en la industria del plástico, goma (extrusión e inyección) y fundición de metales a bajas temperaturas.

Termocuplas Tipo K. Se usa típicamente en fundición y hornos a temperaturas menores de 1300°C, por ejemplo fundición de cobre y hornos de tratamientos térmicos.

Termocuplas Tipos R, S, B. Se usan casi exclusivamente en la industria siderúrgica (fundición de acero).

Termocuplas Tipo T. Eran usadas en la industria de alimentos, pero han sido desplazadas en esta aplicación por los Pt100.

CIRCUITOS INTEGRADOS.

Son sensores de temperatura con base en semiconductores, tienen la forma de transistores, capacitores y resistencias. Entre sus características:

- Son lineales.
- Entregan voltajes o corrientes lineales a la salida.
- No tienen protecciones.
- No son sensores activos ya que tienen acondicionamiento incluido, se necesita polarizarlos.

El circuito integrado LM335, un sensor de temperatura de estado sólido, que posee una sensibilidad de 10 mV/°K. Se usa en aplicaciones en las que se necesita medir temperaturas comprendidas entre -10 y 100°C, su diseño es similar al Zener de dos terminales.

SENSORES DE TEMPERATURA RESISTIVOS.

Las RTD (Resistance Temperature Detector) son sensores basados en elementos conductores, están contruidos con una resistencia de platino (Pt), llamadas también PRTD, aunque también se utilizan otros materiales. (Características de los Materiales usados para las RTD , 2013)

Tabla 11

Características de los Materiales usados para las RTD.

MATERIAL.	RANGO DE TEMPERATURA (°C).	VARIACIÓN (%/°C) a 25°C.
Platino.	-200 a 850	0.39
Níquel.	-80 a 320	0.67
Cromo.	-200 a 260	0.38
Ní - Fe	-200 a 260	0.46

Nota. Fuente: http://www.medicion_control_industrial.term

Las RTD tienen una resistencia entre 20 y 20000 Ω . La ventaja más importante es que son lineales dentro del rango de temperatura entre 200°C y 850°C.

2.4.2 TERMISTORES

Un termistor es un componente electrónico cuya resistencia varía sensiblemente con la temperatura. Se trata de una resistencia no lineal, ya que la corriente que la atraviesa no es función lineal del voltaje.

TIPOS DE TERMISTORES.

Termistor NTC. Un termistor de coeficiente negativo de temperatura (NTC) es aquel cuya resistencia disminuye a medida que la temperatura aumenta, funcionan por calentamiento externo y son utilizados como sensores de temperatura.

Termistor PTC. Un termistor de coeficiente positivo de temperatura (PTC) es aquel cuya resistencia aumenta conforme aumenta la temperatura, funcionan por autocalentamiento y se emplean para proteger los componentes electrónicos de un circuito de las sobrecorrientes

2.4.3 MICROCONTROLADORES.

La automatización con micro controladores PLC's (Programador Lógico Controlable) ha tenido una enorme acogida en el campo industrial, principalmente por su gran versatilidad y sencillez en cuanto a conexiones y fácil operación del mismo.

Dentro de las funciones que un PLC's puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los pre-accionadores y accionadores.

2.4.4 PLC's

El Programador Lógico Controlable (PLC's), es un dispositivo electrónico, diseñado para controlar en tiempo real dentro de un entorno industrial, máquinas o procesos lógicos, y/o secuenciales

Un PLC's trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación. Sus principales beneficios son:

- Menor cableado, reduce costos y tiempos de parada de planta.
- Reducción del espacio en los tableros.
- Mayor facilidad para el mantenimiento y puesta en servicio.

CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS PLC'S.

Hoy la tecnología ofrece PLC's acorde las necesidades de cada usuario y cada aplicación. Para automatizaciones de pequeña escala como:

- Dosificadores.
- Alimentadores para máquinas.
- Montacargas.
- Lavadoras industriales y de automóviles.

Para automatizaciones de mediana complejidad se utilizan por lo general PLC's compactos, donde se necesitan de señales analógicas y comunicación como:

- Máquinas inyectoras de plástico, goma etc.
- Cintas transportadoras, etc.

Para automatizaciones de mayor complejidad se utilizan PLC's modulares:

- Supervisión remota de subestaciones de energía, estaciones de bombeo,
- Sistemas de control de luces en aeropuertos.
- Líneas de producción en la industria automotriz.

Para automatizaciones donde la complejidad del proceso requiere gran velocidad de procesamiento del programa, manejo de lazos de control, alta prestación en múltiples protocolos de comunicación, elevada cantidad de entradas/salidas controladas en forma remota y descentralizada, se utilizan por lo general grandes PLC's modulares como:

- Automatización de una planta siderúrgica, de un oleoducto, de una refinería, de una planta minera completa, de una planta de extracción de aceites, etc. (Micro controladores PLC's , 2013)

2.5 TRANSFERENCIA DE CALOR.

La transferencia de calor es el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura. Cuando un cuerpo por ejemplo , un objeto solido o un fluido, esta a una temperatura diferente de la de su entorno u otro cuerpo, la transferencia de energía también conocida como transferencia de calor o intercambio de calor, ocurre de tal manera que el cuerpo y su entorno alcancen equilibrio térmico.

La transferencia de calor siempre ocurre desde un cuerpo más caliente a uno más frío, como resultado de la segunda ley de la termodinámica. Cuando existe una diferencia de temperatura entre dos objetos en proximidad uno del otro, la transferencia de calor puede ser detenida; solo puede hacerse más lenta.

2.5.1 TIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

La ciencia que trata de la determinación de las razones de esas transferencias de energía es la transferencia de calor. La transferencia de energía como calor siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja, y la transferencia de calor se detiene cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura.

El calor se puede transferir en tres modos diferentes: conducción, convección y radiación. Todos los modos de transferencia de calor requieren la

existencia de una diferencia de temperatura y todos ellos ocurren del medio que posee la temperatura más elevada hacia uno de temperatura más baja. En seguida se da una breve descripción de cada modo. En los capítulos posteriores de este texto se da un estudio más detallado de estos modos.

2.5.2 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN

Es la transferencia de calor, que se produce por la transferencia de energía de las partículas más energéticas a las menos energéticas de una sustancia, por la interacción entre ellas. La energía térmica se asocia a la energía cinética que poseen las partículas, así a mayor movilidad de las mismas, las sustancias presentan una mayor o menor energía térmica, como resultado de la interacción entre ellas, y es expresada por la ley de Fourier de la conducción del calor como:

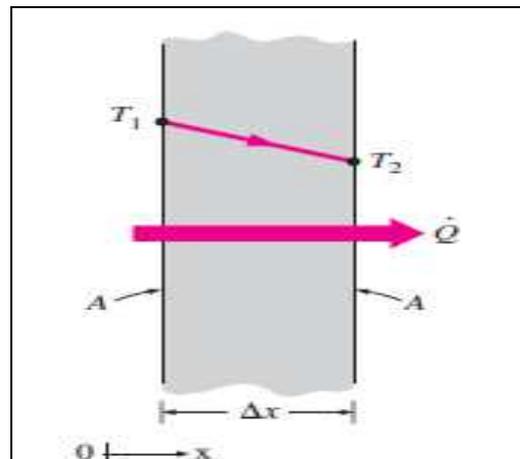


Figura 8. Diagrama de Gradiente Térmico

Fuente: Transferencia de Calor y Masa 4ta ed. Yunus_Cengel

$$Q_{\text{cond}} = -kA \cdot \left(\frac{dT}{dx} \right) \quad (2.1)$$

Donde

k: Es la conductividad térmica del material. [$\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$]

A: Es el área perpendicular a la dirección de la transferencia de calor [m^2]

dT/dx: Es el gradiente de temperatura.

La magnitud de la rapidez de conducción del calor a través de una capa plana de espesor L se expresa por

$$Q_{\text{cond}} = kA \cdot \frac{\Delta T}{L} \quad (2.2)$$

Donde

k: Es la conductividad térmica del material. [$\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$]

A: Es el área perpendicular a la dirección de la transferencia de calor [m^2]

ΔT : Es la diferencia de temperatura de uno a otro lado de la capa. [$^{\circ}\text{K}$]

CONDICIÓN UNIDIMENSIONAL DE ESTADO ESTABLE:

Un sistema unidimensional, se entiende como modelo de transferencia de calor por conducción que sucede en un solo eje coordenado, mismo por el cual se presenta el gradiente de temperatura. Si bien este sistema, se caracteriza por permitir un análisis muy sencillo de los procesos de transferencia de calor, entrega resultados muy precisos para varias aplicaciones de ingeniería.

PARED PLANA

Para determinar la transferencia de calor en una pared plana, se determina un sistema unidimensional de estado en una pared sin generación interna de calor, en el cual el flujo de calor sea constante e independiente del espesor de la pared.

Para estas condiciones el primer paso es establecer la distribución de temperaturas del sistema aplicando las condiciones de frontera adecuada, empleando la siguiente expresión de ecuación de calor.

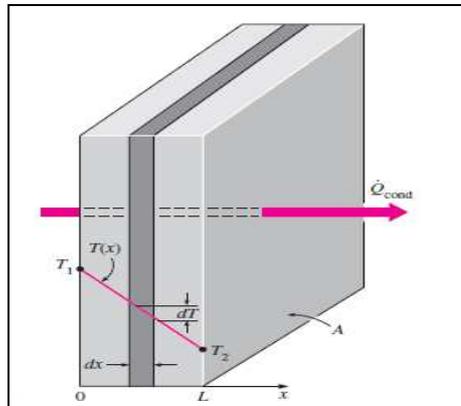


Figura 9. Diagrama de Conducción Unidimensional en Pared Plana.

Fuente: Transferencia de Calor y Masa 4ta ed. Yunus_Cengel

$$\frac{d}{dx} \left(k \frac{dT}{dx} \right) = 0 \quad (2.3)$$

Al suponer constante la conductividad térmica de la pared, integramos dos veces la expresión anterior, para conseguir la solución general:

$$T(x) = C_1 x + C_2$$

Para determinar las constantes de integración, aplicamos las condiciones de frontera $x=0$ y $x=L$ en la solución general y obtenemos

$$T_{s,1} = C_2$$

$$T_{s,2} = C_1 L + T_{s,1}$$

Obteniendo la siguiente expresión, que demuestra que la temperatura varía de forma lineal con x .

$$T(x) = (T_{s,2} - T_{s,1}) \frac{x}{L} + T_{s,1} \quad (2.4)$$

A partir de este análisis, determinamos la distribución de temperaturas y procedemos a utilizar la ley de Fourier, para determinar el calor transferido por conducción.

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx} = \frac{kA}{L} (T_{s,2} - T_{s,1}) \quad (2.5)$$

El flujo de calor se determina utilizando el valor del área de la pared normal, así el flujo de calor es

$$q''_x = \frac{q_x}{A} = \frac{k}{L} (T_{s,1} - T_{s,2}) \quad (2.6)$$

ANALOGÍA ELÉCTRICA DE LA CONDUCCIÓN:

Mediante el análisis de la ley de Fourier en sistemas de pared plana, se puede inferir la relación entre la difusión de calor y la carga eléctrica.

La analogía entre el flujo de calor y la electricidad, permite ampliar el problema de la transmisión de calor por conducción a sistemas más complejos, utilizando conceptos desarrollados en la teoría de circuitos eléctricos.

De esta manera se resuelven problemas de paredes múltiples, en paralelo o en disposiciones más complejas, al relacionar cada elemento con una resistencia eléctrica y considerar el análisis, como el de un sistema de circuitos eléctricos, en el cual las resistencias pueden estar en serie o paralelo.

En el caso de un sistema de capas múltiples, por ejemplo, el flujo de calor es constante para todo el sistema, flujo que es análogo a la corriente eléctrica (I). Los gradientes de temperatura entre las capas son distintos.

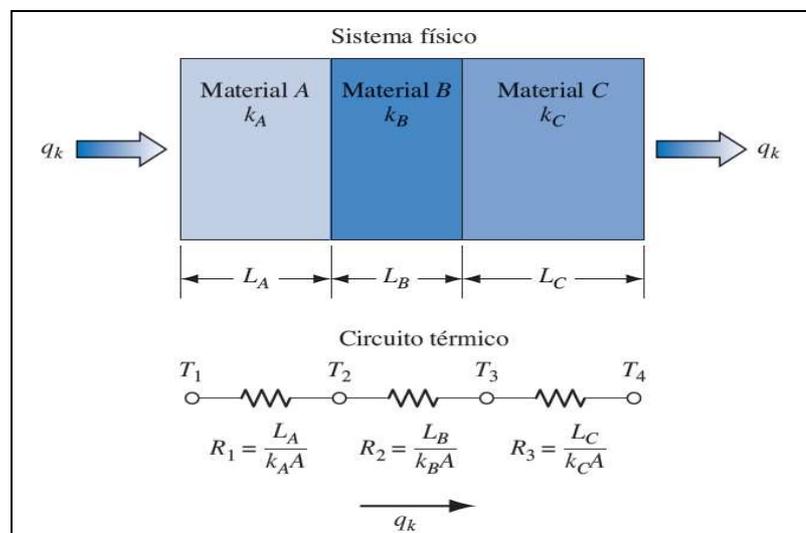


Figura 10. Diagrama de analogía eléctrica

Fuente: Principios de transferencia de calor 7a Kreith

Dado que el calor es el mismo para todas las secciones, se puede expresar en función de la resistividad térmica de cada sección, así

$$q_x = \frac{T_1 - T_2}{\left(\frac{L}{kA}\right)_A} = \frac{T_2 - T_3}{\left(\frac{L}{kA}\right)_B} = \frac{T_3 - T_4}{\left(\frac{L}{kA}\right)_C} = \frac{T_1 - T_4}{\left(\frac{L}{kA}\right)_A + \left(\frac{L}{kA}\right)_B + \left(\frac{L}{kA}\right)_C}$$

Al considerar un conjunto de n capas en perfecto contacto, el flujo de calor estará dado por la siguiente expresión

$$q_x = \frac{T_i - T_{i+1}}{\left(\frac{L}{kA}\right)_i} = \frac{T_1 - T_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{L}{kA}\right)_i} \quad (2.7)$$

2.5.3 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN.

La transferencia de calor por convección está compuesta por dos mecanismos, el primero producto del movimiento molecular aleatorio y el segundo causado por el movimiento global de los fluidos. El movimiento de un fluido, en presencia de un gradiente de temperatura, genera transferencia de calor; debido a que las partículas en el fluido mantienen su movimiento aleatorio, de tal manera que la transferencia se debe a la superposición de la energía transportada, por el movimiento aleatorio y el movimiento del fluido. La velocidad de transferencia de calor a través de un fluido es mucho mayor por convección que por conducción.

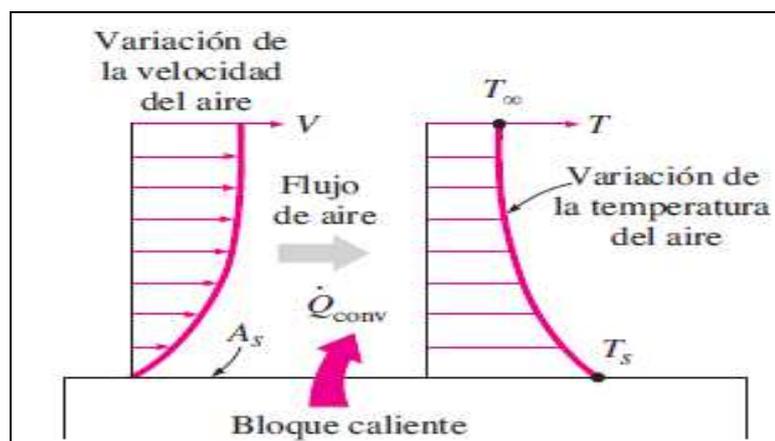


Figura 11. Transferencia de Calor por Convección.

Fuente: Transferencia de Calor y Masa 4ta ed. Yunus_Cengel

La transferencia de calor por convección depende de las propiedades del fluido, de la superficie en contacto con el fluido y del tipo de flujo. Entre las propiedades del fluido se encuentran: la viscosidad dinámica μ , la conductividad térmica k , la densidad ρ . Entre las propiedades de la superficie que intervienen en la convección están la geometría y el grado de aspereza. El tipo de flujo, laminar o turbulento, también influye en la velocidad de transferencia de calor por convección.

El conocimiento del fenómeno de capa límite es de vital importancia, para comprender el proceso de convección. En las moléculas del fluido que se encuentran en contacto con la superficie de forma directa, tienen una velocidad muy cercana a cero, en este punto se produce una transferencia por el mecanismo de movimiento aleatorio; a medida que la capa límite se incrementa mientras sigue su movimiento por la superficie, estas partículas arrastran el calor corriente abajo y de ahí al resto del fluido.

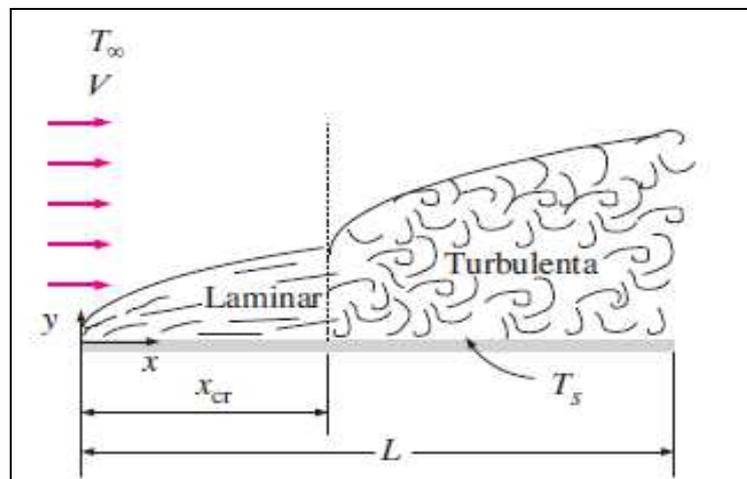


Figura 12. Diagrama de Capa Límite Térmica

Fuente: Transferencia de Calor y Masa 4ta ed. Yunus_Cengel

La transferencia de calor por convección se clasifica en base a la manera en que se produce el movimiento del fluido. La convección forzada se produce

cuando el movimiento del fluido es producido por medios externos como bombas y ventiladores, por el contrario en la convección natural el movimiento del fluido se produce por variaciones de densidades asociadas a los gradientes de temperatura. La utilización de ambos mecanismos, produce la convección combinada, en la cual se potencializa el movimiento natural de los fluidos mediante elementos externos, con el objetivo de lograr una mayor transferencia de calor.

La ley de enfriamiento de Newton, ofrece una expresión que permite establecer el valor de calor transferido por convección es siempre proporcional al gradiente de temperatura, y es igual a:

$$q'' = h(T_s - T_\infty) \quad (2.8)$$

Dónde:

q'' Calor transferido por convección en [W/m²];

T_s Temperatura de la superficie en [°K];

T_∞ Temperatura del fluido en [°K];

h Coeficiente de película de convección [W/m² · °K].

2.5.4 TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN.

Es la energía térmica emitida por un cuerpo, que posee una determinada temperatura, esta clase de energía se asocia a los cambios que sufre la configuración electrónica de los átomos. La energía térmica de radiación⁷ es transmitida a partir de ondas electromagnéticas, y a diferencia de la transferencia de calor por conducción y convección, no requiere de un medio material para producirse.

El proceso de transferencia de radiación, se inicia por la cantidad de energía térmica que una superficie emite y la velocidad a la que libera energía por unidad de área. Mediante un desarrollo de la ley de Stefan-Boltzman, se puede establecer el calor emitido por una superficie real y está dado por:

$$E = \varepsilon \sigma T_s^4 \quad (2.9)$$

Dónde:

E: Potencia emisiva superficial en [W/m²];

Ts: Temperatura absoluta en [°K];

σ: Constante de Stefan-Boltzman, igual a 5.67 ×10-8 en [W/m² ·°K⁴];

ε : Emisividad.

La radiación incide sobre las superficies que se encuentran próximas a su fuente. La velocidad con la que una superficie absorbe esta energía se puede expresar mediante la siguiente expresión:

$$G_{abs} = \alpha G \quad (2.10)$$

Dónde:

G Velocidad de incidencia de la radiación sobre una superficie en [W/m²];

G_{abs} Velocidad de absorción de radiación por unidad de superficie en [W/m²]

α Absortividad.

El intercambio de energía producto de la radiación, se puede encontrar mediante la siguiente expresión:

$$q_{rad} = \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_{air}^4) \quad (2.11)$$

Dónde:

q_{rad} Calor transferido por radiación en [W/m²];

A Área de absorción en [m²];

σ Constante de Stefan-Boltzman, igual a 5.67 ×10-8 en [W/m² ·°K⁴];

ε Emisividad;

Ts Temperatura superficial en [°K];

Tair Temperatura alrededores, distinta a Ts en [°K];

2.5.5 BALANCE ENERGÉTICO.

Sistema: Cualquier masa de material o parte de equipo especificados arbitrariamente. Un sistema se define circundándolo con una frontera. Un sistema cerrado por el cual no hay transferencia de masa se denomina sistema cerrado o sistema sin flujo, en contraposición a un sistema abierto o sistema con flujo, en el cuál se permite el intercambio de masa. Toda masa o equipos externos al sistema definido se designan como entorno. Al resolver un problema se debe definir claramente el sistema y su entorno.

ECUACION GENERAL DEL BALANCE DE ENERGIA

La ecuación general del balance de energía se expresa de la siguiente forma:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Acumulación de} \\ \text{Energía} \\ \text{dentro} \\ \text{del} \\ \text{Sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Transferencia de} \\ \text{Energía} \\ \text{a través} \\ \text{de la} \\ \text{frontera} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Transferencia de} \\ \text{Energía} \\ \text{fuera de} \\ \text{la} \\ \text{frontera} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Energía} \\ \text{Generada} \\ \text{dentro} \\ \text{del} \\ \text{sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Energía} \\ \text{Consumida} \\ \text{Dentro} \\ \text{del} \\ \text{Sistema} \end{array} \right\}$$

Esta ecuación puede ser aplicada a un equipo individual o a toda una planta

En la ecuación (anterior) se pueden introducir algunas simplificaciones:

- No hay acumulación de energía dentro del sistema
- No hay generación de energía dentro del sistema
- No se consume energía dentro del sistema

Si introducimos esas simplificaciones la ecuación (2.14) se reduce a:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Transferencia} \\ \text{de Energía a} \\ \text{través de la} \\ \text{frontera del} \\ \text{Sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Transferencia} \\ \text{de Energía} \\ \text{fuera de la} \\ \text{frontera del} \\ \text{Sistema} \end{array} \right\}$$

CAPITULO 3

LEVANTAMIENTO TECNICO ESTADO ACTUAL DE LA SB E.P

3.1 RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA

“Santa Bárbara” fue concebida por el alto mando militar ecuatoriano en el año 1977, para cumplir la misión de producir munición de guerra para los fusiles F.A.L., que en ese entonces se hallaban en dotación de las Fuerzas Armadas Ecuatorianas, desde este año la empresa se convirtió líder en el mercado de Armas y Municiones. En 1979, la empresa inicia sus actividades productivas, con la línea de fabricación de munición Cal. 7,62x51 mm.

El 17 de diciembre 1996 se constituyó la FMSB Santa Bárbara S.A. inscrita en el Registro Mercantil del Cantón Quito el 14 de Enero de 1997, con el objeto de fabricar y comercializar municiones y armas deportivas; producir y comercializar partes, piezas, elementos, e implementos de Metalmecánica liviana, servicios técnicos de mantenimiento de equipos, materiales y armamentos de toda clase; y, producir y comercializar objetos metálicos para usos industriales, durante éste tipo la empresa pertenecía al Grupo Industrial Holdingdine S.A.

En el año 2005 se dio inicio al desarrollo de los proyectos de Certificación y Desmilitarización SICEM y SIDEM respectivamente.

En el año 2008 se promulgó el Impuesto a los Consumos Especiales ICE que aplicaba el 300% a la venta de armas y municiones y únicamente se realizaban ventas muy puntuales a las Fuerzas Armadas, razón por la cual se fortaleció la División Industrial Metalmecánica y los Proyectos Logísticos de Defensa a fin de cubrir las necesidades existentes.

Líneas de Producción de la Empresa

Línea de producción Armas y Municiones



Figura 13. Línea de producción Armas y Municiones

Fuente: Presentación Santa Bárbara. E.P 2014.

Línea de Producción de la División Industrial Metalmecánica



Figura 14. Línea de producción División Industrial.

Fuente: Presentación Santa Bárbara. E.P 2014.

Línea de Producción Servicios Logísticos de Seguridad y de Defensa (SICEM, SIDEM).



Figura 15. Línea de producción Servicios Logísticos de Seguridad y de Defensa

Fuente: Presentación Santa Bárbara. E.P 2014.

Ubicación de la Empresa

País: Ecuador, Pichincha, Rumiñahui, Sangolquí,

Dirección: Av. General Rumiñahui 3976 y Calle Ambato

Telf.: 2334 148 / 2334 149 Cel. 0997776782

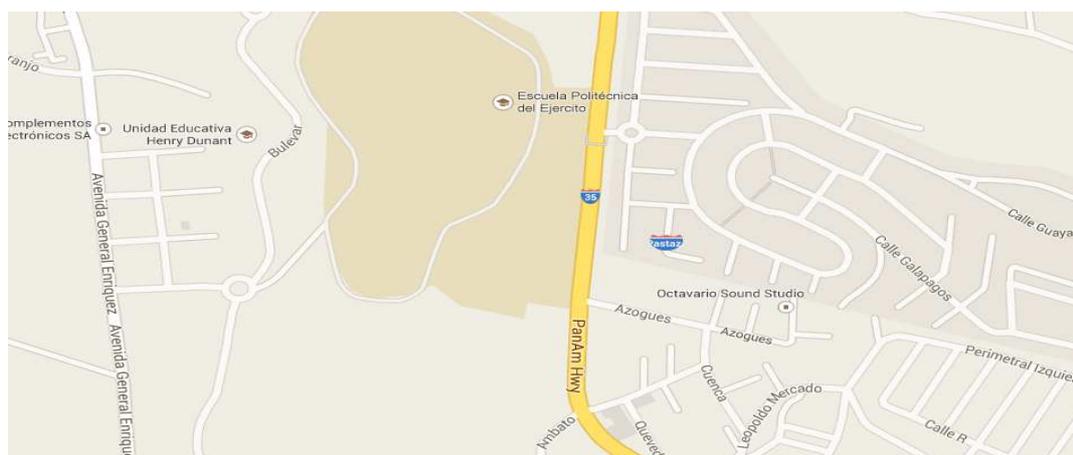


Figura 16. Ubicación Geográfica Santa Bárbara. E.P

Fuente: Google Maps 2014.

3.2 ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA

3.2.1 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL ACTUAL DE SANTA BARBARÁ E.P.

La empresa Santa Barbará EP cuenta con los niveles jerárquicos:

- a) Nivel de Dirección y Estratégico;
- b) Nivel de Asesoría;
- c) Nivel de Apoyo; y,
- d) Nivel Agregador de Valor

La empresa contara con una Unidad de Auditoría Interna como instancia de control interno.

Nivel de Dirección y Estratégico.- Estará conformado por:

- a) Directorio; y ,
- b) Gerencia General.

Nivel Asesor.- Esta conformado por:

- a) Auditoría Interna ;
- b) Dirección de Asesoría Jurídica; y,
- c) Dirección de Gestión y Estratégica y Calidad.

Nivel de Apoyo.- Esta conformado por:

- a) Dirección Administrativa Financiera ;y ,
- b) Dirección de Seguridad, Salud ocupacional, y Medio Ambiente.

Nivel Agregador de Valor.- Esta conformado por:

- a) Subgerencia técnica de Producción y Proyectos; y,
- b) Subgerencia Comercial.

3.2.2 ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL DE LA EMPRESA SANTA BARBARÁ E.P

EM SANTA BARBARA E.P ESTRUCTURA ORGANICA

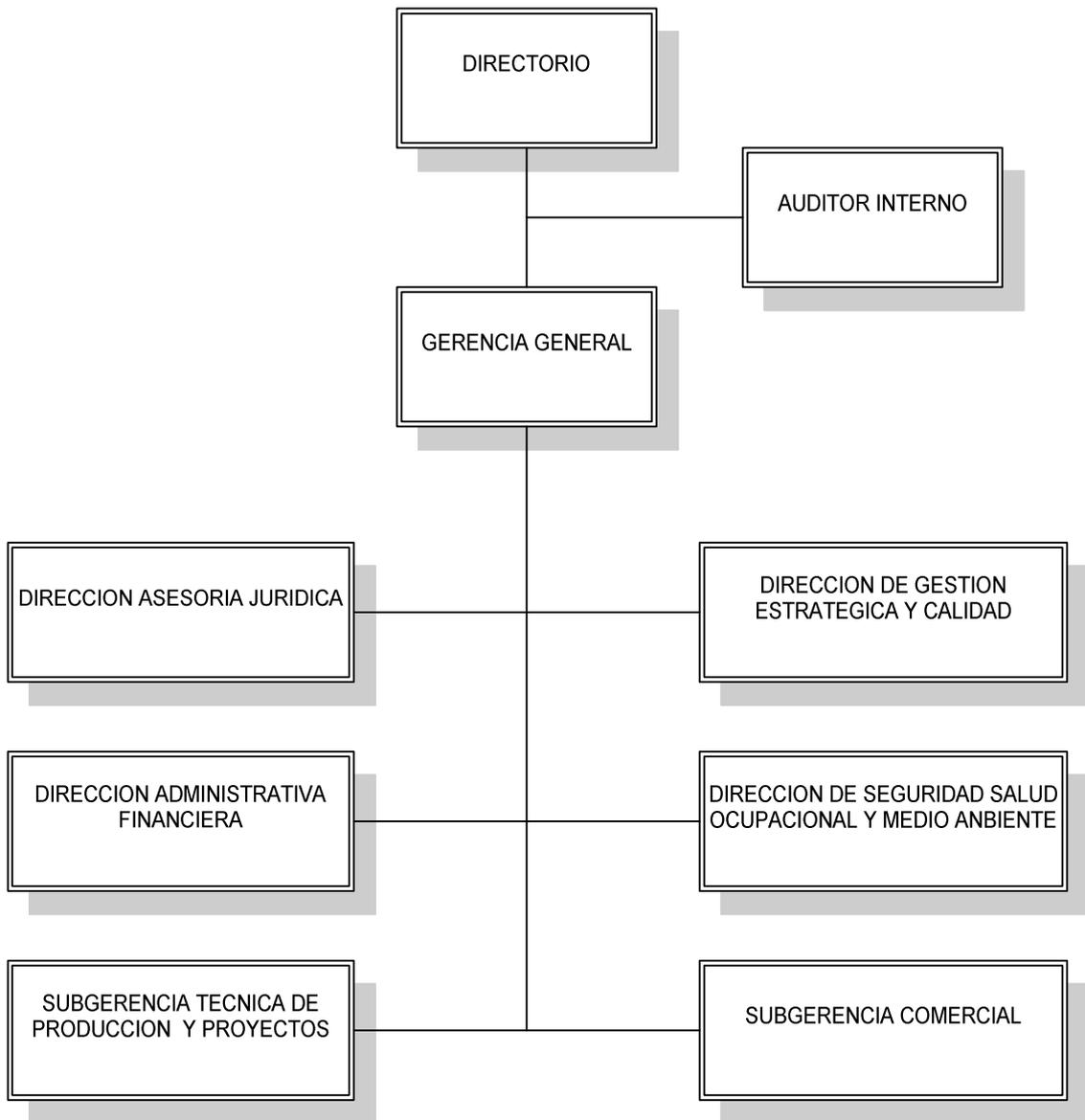


Figura 17 Estructura Orgánica Santa Bárbara E.P

Fuente: Estatuto Orgánico Santa Bárbara E.P 2014

3.2.3 ORGANIGRAMA FUNCIONAL DE LA EMPRESA SANTA BARBARÁ E.P

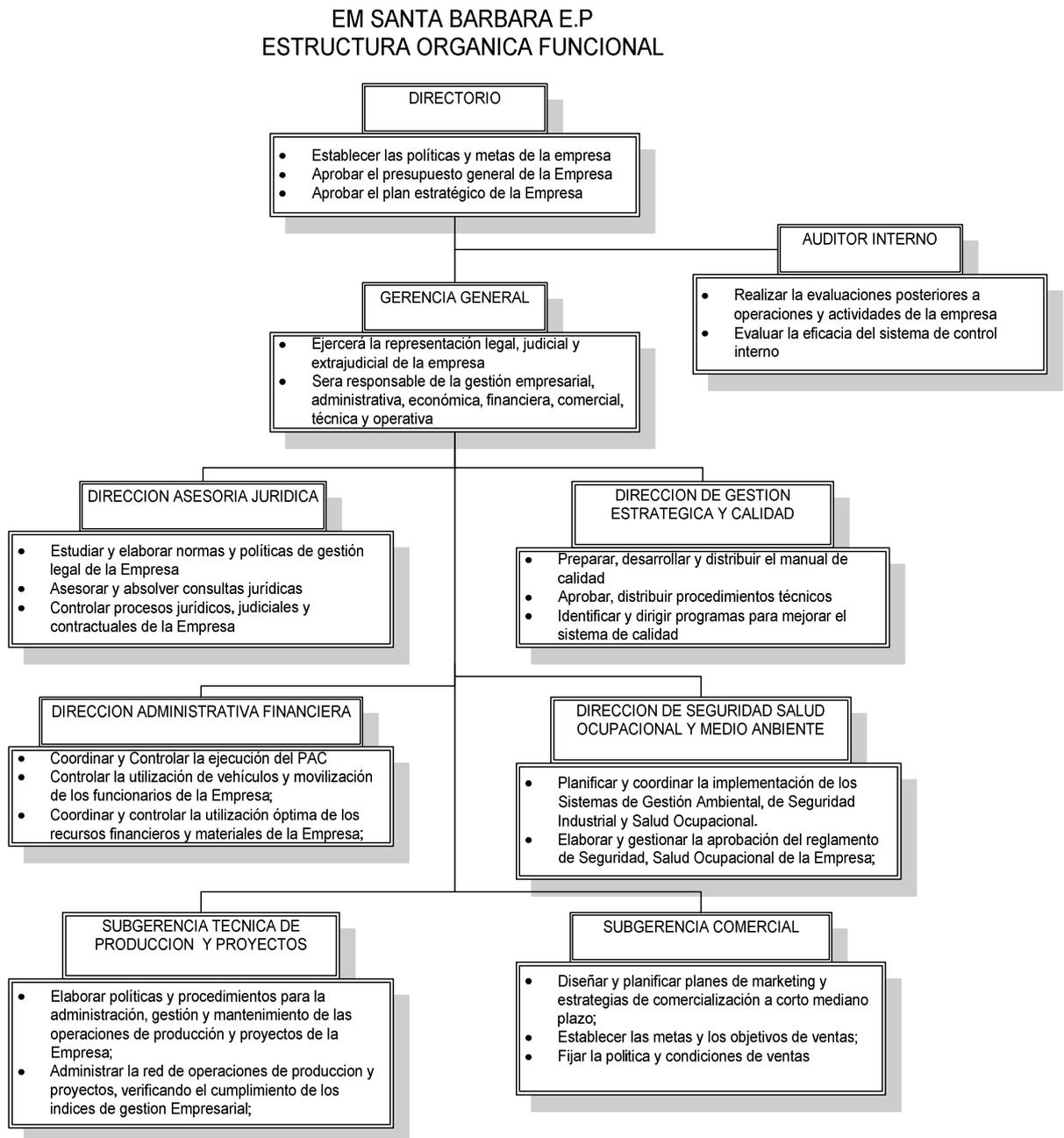


Figura 18 Estructura Orgánica Funcional Santa Barbará E.P

Fuente: Ayo Carlos Diagrama Estructura Orgánica Funcional 2014

3.3 MISION.

Producir y comercializar, armamento, municiones; así como soluciones industriales y servicios que satisfagan las necesidades del sector defensa, contribuyendo al desarrollo nacional.

3.4 VISION.

Hasta el 2017 lograr proyección regional en fabricación de armas y municiones, así como en soluciones industriales para la defensa y seguridad; mediante una gestión eficiente y adecuado manejo de recursos, con permanente innovación, entregando valor agregado; siendo pilar fundamental el personal técnico, profesional, capacitado y socialmente responsable con el desarrollo del país.

3.5 ANALISIS DE PRODUCCION.

La Empresa de Municiones Santa Barbará en el Área de la División Industrial se dedica al diseño, fabricación y montaje estructura metálicas, cubriendo así la necesidad del mercado e implementando altos estándares de calidad dentro de su proceso productivo. Productos ofertados a nuestros clientes:

GALPONES INDUSTRIALES

Estructuras livianas, en las que se pueden instalar plantas industriales, talleres mecánicos o bodegas, estas estructuras se diseñan y fabrican acorde los requerimientos y necesidades de los clientes. La empresa de Municiones Santa Barbará trata de cumplir con las normas de fabricación que rigen estos procesos productivos tanto en el ámbito nacional como internacional sea el caso la norma AWS D1.1, la norma de la cámara de la construcción del Ecuador respectivamente. Entre los principales proyectos desarrollados por la empresa están los galpones de Centro de Acopio Andec - Quito, El Galpón de Colada Continua en Andec – Guayaquil



Figura 19. Galpón Andec Guayaquil

Fuente: Área de División Industrial 2013.

HANGARES INDUSTRIALES.

Otro tipo de estructuras considerada livianas que la EMSB EP se dedica al diseño, fabricación y montaje de los diferentes elementos estructurales que conforman estos hangares estos pueden ser soldados o apernados entre los principales proyectos tenemos el Hangar de Petroamazonas.



Figura 20. Hangar Petroecuador Aeropuerto Internacional Tababela

Fuente: Área de División Industrial 2013

PUNTES.

Los puentes son estructuras consideradas pesadas que se fabrican bajo las normas AWS D1.5 estos elementos se fabrican según los requerimientos de los diferentes clientes que la EMSB E.P posee entre los principales proyectos que se encuentran en ejecución esta los puentes que conforman la troncal amazónica como son (Puente Reventador, Puente Aguarico, Puente Tigre, Puente Guataraco, Puente



Figura 21. Montaje del Arco Puente Reventador

Fuente: Área de División Industrial 2014.

3.5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE PUNTES Y ESTRUCTURA LIVIANA.

Tanto la construcción de la estructura pesada (puentes) y de estructuras livianas (galpones, hangares) tienen en si casi el mismo procedimiento para la fabricación con sus respectivas excepciones en lo que es manejo de normas en lo que es la inspección y control de calidad de los elementos a ser fabricados por lo cual solo se va realizar una descripción rápida del procedimiento que la Empresa de Municiones Santa Barbará E.P emplea para la fabricación de estos productos.

INGENIERÍA DE DETALLE DEL PROCESO.

En este subproceso se procede a realizar la ingeniería de detalle del proyecto, en donde el cliente es el proveedor de la información general y los planos de diseño, para ser entregada al responsable de la división industrial quien a su vez es el encargado de realizar la revisión de las especificaciones técnicas del proyecto y sus características principales, así como también de la distribución de tareas para despiece del proyecto.

Realizada la distribución de tareas los Asistentes de la División Industrial son los responsables de realizar el plan de cortes en Software de corte, planos de detalle en Autocad, planos de armado en Autocad y la impresión y anillado de planos de taller para fabricación para que a continuación el responsable de la División Industrial realice la revisión completa y minuciosa de planos de taller para fabricación.

Una vez realizada la revisión de planos de taller para fabricación el responsable de la División Industrial es el encargado de entregar los planos de taller e ilustración de los mismos al supervisor de la planta obteniendo de esta forma el plan de cortes y planos de taller.

CORTE DE PLANCHAS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS Y PUENTES.

El Proceso de Producción y fabricación de elementos estructurales inicia con el plan de cortes, cuyo proveedor es el Departamento de Ingeniería de la División Industrial el cual es el encargado de realizar la ingeniería de detalle a través de sus asistentes, con el propósito de planificar por espesores y por planchas la secuencia lógica de corte a fin de obtener las piezas necesarias para el armado.

La planificación de secuencia de cortes se la realiza para entregar planos de taller e ilustración de los mismos al supervisor del taller de la división industrial, quien es el responsable de dar instrucciones al personal operativo de

corte y entregar planos de corte de acuerdo a la planificación de secuencias de corte que se la realizó previamente.

El supervisor del taller de la división industrial, mediante el registro diario de entrada y salida de equipos de corte, es quien ordena al personal operativo para sacar los equipos para corte de la bodega, estos son pantógrafo de oxicorte , tanques de oxígeno y acetileno, de esta manera el personal operativo para corte podrá trazar las diferentes medidas sobre las planchas de acero de acuerdo a los planos entregados, para que a continuación el supervisor del taller realice la revisión del dimensionamiento y trazado de piezas en las planchas, una vez realizada la revisión el supervisor es el único responsable en aprobar el dimensionamiento y trazado de planchas de acero.

Con la aprobación del dimensionamiento y trazado de planchas de acero, el personal operativo para corte es el encargado de la conexión de equipos de corte para dar inicio a la secuencia de cortes en las planchas de acero. Luego de que las planchas de acero estén cortadas de acuerdo a planos de corte el supervisor del taller es el responsable de la verificación dimensional de cortes realizados y marcado de piezas según lo indicado en el plano de corte, con el propósito de liberar las piezas marcadas para que el personal operativo de corte realice el esmerilado de piezas cortadas para su posterior ubicación en un lugar adecuado en donde no estorben o perturben los demás procesos, así de esta manera se da por terminado el proceso de cortar el acero con las obtención de piezas cortadas.

ARMADO DE PIEZAS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS Y PUENTES.

Una vez cortadas las piezas de acero requeridas para cada proyecto el siguiente procedimiento es el armado de los elementos estructurales el cual inicia con las piezas cortadas, en donde el Departamento de Ingeniería de la División Industrial es el encargado de realizar la ingeniería de detalle a través de sus asistentes con el propósito de planificar por posiciones el armado de los

elementos estructurales, esta actividad se la realiza para hacer la entrega de planos de taller para armado e ilustración de los mismos al supervisor de la planta, quien es el responsable de dar instrucciones al personal Operativo de Armado y entregar planos de armado de acuerdo a la planificación de secuencia de armado de los elementos estructurales.

El Supervisor del taller de la División Industrial, mediante el registro diario de entrada y salida de equipos, es quien da instrucciones al personal operativo de armado para sacar los equipos de armado de la bodega, de esta manera el personal operativo para armado podrá realizar la ubicación de piezas o posiciones conformantes de cada uno de los elementos estructurales según los planos de armado y de esta forma obtener la selección de piezas conformantes para que a continuación el Supervisor del taller realice la revisión de piezas ensambladas según planos de armado, cabe recalcar que el supervisor del taller es el único responsable de aprobar las revisión de piezas.

Con la aprobación de piezas y autorización de armado de elementos estructurales el personal operativo de armado procede al ensamblado de piezas por posiciones según los planos de armado mediante puntos de soldadura, así de esta manera obtener elementos estructurales ensamblados, luego de esto el supervisor del taller procede a la verificación de alineamientos, escuadras, niveles y dimensiones de los elementos estructurales armados, en este punto es importante recalcar que el margen de error que se maneja es menor a 2mm, una vez verificadas estas medidas queda liberado el elemento estructural para que el asistente de la División Industrial realice la revisión de elementos estructurales ensamblados para enviarlos al proceso de soldadura.

SOLDADURA DE PIEZAS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS Y PUENTES.

El Proceso de soldadura de elementos estructurales inicia una vez que se han terminado de armar todos los elementos estructurales, el departamento de ingeniería de la división industrial por medio de sus asistentes es el

responsable de realizar la ingeniería de detalle la misma que será utilizada para planificar la secuencia de soldadura de los elementos estructurales, así como también son los responsables de realizar la calificación de soldadores y procedimientos de soldadura según lo estipulado en la AWS (Asociación Americana de Soldadura). Una vez realizada la calificación de soldadores se procede a la entrega de planos de taller para soldadura e ilustración de los mismos al supervisor de la planta, quién a su vez es la persona responsable de dar instrucciones al personal operativo de soldadura y entregar planos de soldadura de acuerdo a la planificación de secuencia de soldadura de los elementos estructurales.

El Supervisor del taller, mediante el registro diario de entrada y salida de equipos para soldadura, es quien da instrucciones al personal operativo de soldadura sacar los equipos para soldadura de la bodega, de esta manera el personal operativo para soldadura podrá realizar la calibración de máquinas de acuerdo a lo estipulado en los procedimientos de soldadura, una vez hecha la calibración de las máquinas el personal operativo para soldadura realiza la preparación de juntas a soldar en elementos estructurales, esta preparación comprende revisión, biselado y limpieza de juntas, luego de que las juntas estén listas para soldar el personal operativo podrá realizar la ejecución de la soldadura de las diferentes juntas de los elementos estructurales.

Una vez soldadas todas las juntas de los elementos estructurales el Supervisor del taller de la división industrial procede a realizar el control de los parámetros de soldadura, esto comprende la verificación de cumplimientos de procedimientos de soldadura, con el fin de realizar la inspección visual del cordón de soldadura y medición de tamaños de pierna, garganta y sobremonta del cordón de soldadura, los mismos que si no están dentro del margen de error recomendado el cual es de máximo 2 mm para el tamaño de pierna y garganta, y de 3mm para la sobremonta del cordón de soldadura no se aprueba la soldadura del elemento, caso contrario el elemento queda liberado y puede ser enviado al proceso de ensayos no destructivos.

INSPECCIÓN DE LA SOLDADURA

El Proceso de Control de Calidad mediante ensayos no destructivos inicia con la ingeniería de detalle, cuyo proveedor es el Departamento de Ingeniería de la División industrial el cual es el encargado de realizar a través de sus asistentes una planificación con el fin de realizar ensayos no destructivos de juntas soldadas según las normas AWS, los mismos que son los encargados de solicitar mediante un correo electrónico al responsable de Ensayos No Destructivos (END) se realice el control de calidad de las juntas soldadas, mediante la ejecución de ensayos de Radiografía Industrial o Ultrasonido Industrial.

Luego de realizar el control de calidad se procede a la evaluación de resultados, preparación de informes y el reporte de los ensayos, los cuales son entregados a los asistentes de la división industrial con la información precisa para realizar las correcciones de soldadura si existiera el caso, para que los asistentes a su vez realicen la orden de corrección de soldadura que posteriormente será entregada al supervisor del taller quien es el responsable de indicar al personal operativo de soldadura donde existen fallas para proceder a repararlas.

Una vez que se han identificado errores en las juntas el personal operativo de soldadura podrá realizar la ejecución de reparaciones de la soldadura de las diferentes juntas de los elementos estructurales, logrando de esta manera corregir las fallas en la soldadura, a continuación el responsable de ensayos no destructivos procede a realizar el control de calidad en las juntas reparadas mediante la ejecución de ensayos de Radiografía Industrial o Ultrasonido Industrial para finalizar con la evaluación de resultados y preparación de informes de juntas reparadas obteniendo así el Reporte de Ensayos No Destructivos.

APLICACIÓN DE SISTEMAS DE PINTURA EN PIEZAS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS Y PUENTES.

El Proceso de pintar los elementos estructurales inicia una vez que se ha finalizado el reporte de ensayos no destructivos, realizado este informe el responsable de ensayos no destructivos procede a indicar al Supervisor cuales elementos estructurales se encuentran listos para pintar, luego de recibir estas indicaciones el supervisor es el encargado de dar instrucciones al personal operativo de pintura e indicar que elementos estructurales que se encuentran listos para pintar.

El supervisor mediante el registro diario de entrada y salida de equipos para pintura de la bodega es quién ordena al personal operativo para pintura sacar los equipos de la bodega para realizar la preparación de la superficie y la pintura para aplicar en los elementos estructurales. Una vez que estén tanto personal y equipos ubicados en su lugar de trabajo se procede a realizar la preparación de la superficie a pintar mediante cepillos mecánicos, desengrasantes y desoxidantes de acuerdo a los grados de limpieza del SSPC logrando así de esta forma obtener la superficie de elementos estructurales lista con el perfil de anclaje para pintar. A partir de este punto el personal operativo para pintura podrá realizar la pintura de los elementos estructurales de acuerdo al espesor en húmedo indicado por el departamento de ingeniería.

Cuando todos los elementos estructurales hayan sido pintados los asistentes de la división industrial proceden a realizar la marcación de cada elemento pintado según lo indicado en la ingeniería de detalle del proyecto,

CONTROL E INSPECCIÓN ESPESORES DE PINTURA EN HÚMEDO Y EN SECO.

Este proceso se realiza durante y después de la aplicación del recubrimiento de la pintura solicitada por el cliente esta parte de proceso se

encarga el Departamento de Control de Calidad con ayuda de equipos especializados.

Durante el proceso de pintura en húmedo se realiza la inspección con ayuda de galgas y la pintura en seco se utiliza el procedimiento de ultrasonido para la medición de espesores aplicados una vez seca el recubrimiento aplicado en los elementos estructurales.

3.5.1.1 DIAGRAMAS DE PROCESOS

Ver Anexo A

3.5.1.2 DIAGRAMA GENERAL DE FLUJO DE PROCESO

Ver Anexo A

3.6 LEVANTAMIENTO DE PROCESO DE MANEJO Y ALMACENAJE PARA LOS TIPOS DE CONSUMIBLES PARA EL PROCESO SMAW.

Dentro de Santa Barbará E.P existe un procedimiento de manejo y almacenamiento de los tipos de consumibles para el proceso SMAW muy básico en donde no se tiene un control de calidad ni el lugar donde se almacena los consumibles y tampoco se tiene un control de la temperatura optima para que el electrodo no produzca defectos en la soldadura dentro los subprocesos que tiene la división industrial sean estos (corte, armado, y soldadura).

3.6.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE MANEJO Y ALMACENAJE PARA LOS TIPOS DE CONSUMIBLES PARA EL PROCESO SMAW.

Para el proceso que tiene la división industrial para la fabricación tanto de estructura liviana y también de estructura pesada se tiene lo siguiente descripción general del Proceso.

Producción realiza un estudio la necesidad de consumibles (electrodos) para el inicio de trabajos de fabricación de la estructura, el pedido es preparado por el supervisor producción y enviado al jefe de producción quien verifica los volúmenes solicitados. El pedido es enviado hacia las bodegas centrales de la empresa. El pedido es retirado por el encargado de bodega de Maquinas y consumibles de la División Industrial.

El bodeguero realiza el almacenamiento de los consumibles (electrodos) en estanterías dentro de bodega. En bodega se realiza la distribución de los consumibles (electrodos) según la necesidad que requiera los subprocesos (Corte, Armado, y Soldadura).

El sobrante de los consumibles (electrodo) es ingresado por los operadores de nuevo a la bodega de de maquinas y consumibles de la División Industrial.

3.6.1.1 DIAGRAMA DE PROCESO.

Ver Anexos B

3.6.1.2 DIAGRAMA GENERAL DE FLUJO DE PROCESO.

Ver Anexos B

3.6.2 DEFICIENCIAS EN EL PROCESO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO PARA LOS CONSUMIBLES PARA EL PROCESO SMAW ACTUAL.

Dentro del proceso actual se puede evidenciar diferentes falencias las cuales producen tanto pérdidas económicas como perdidas de productividad dentro del proceso de fabricación de las estructuras metálicas por lo consecuente perdidas para la empresa entre las principales falencias tenemos las siguientes que a continuación detallamos:

3.6.3 DEFICIENCIAS DE PROCESO EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO.

Almacenamiento inadecuado de los diferentes consumibles en Bodega.



Figura 22. Almacenamiento Inadecuado de Consumibles

Fuente: Bodega Central Santa Barbará E.P 2014

No contar con la información ni la trazabilidad para los electrodos que se despachan hacia la bodega de Maquinas y Herramientas

INSUMOS Y CONSUMIBLES				
ORD	DESCRIPCION	CORTE	ARMADO	SOBADAURA
1	ALAMBRE SOLIDO SM-70 HUNDAY	Cart		
2	ALAMBRE SOLIDO S-6 LINCOLN			
3	ALAMBRE TUBULAR LW-71T1 LINCOLN			
4	ALAMBRE TUBULAR LW-81Ni1 LINCOLN			
5	ALAMBRE LA-75			
6	FUNDENTE NEUTRO 960			
7	CONE FLUX (ARCO SUMERGIDO)			
8	CONTACTIPS 5/32 (ARCO SUMERGIDO)			
9	CONTACTIPS 350			
10	CONTACTIPS 400			
11	DIFUSORES 350			
12	DIFUSORES 400			
13	TOBERAS 350			
14	TOBERAS 400			
15	DISCOS DE CORTE			
16	DISCOS DE DESBASTE			
17	VIDRIOS OSCUROS			
18	VIDRIOS TRANSPARENTE			
19	GEL PARA SOLDAR			
20	ELECTRODO 60/11 - 1/8 KILO			
21	ELECTRODO 70/18 - 1/8 KILO			
22	ELECTRODO 60/13 - 1/8 KILO			
23	GRATAS CONICAS DE 3 1/2"			
24	GRATAS CONICAS DE 4"			
25	GRATAS PLANAS			

Figura 23. Trazabilidad Deficiente

Fuente: Bodega Central Santa Barbará E.P 2014

Falta de Control de Calidad de los consumibles.



Figura 24. Falta de Control de Calidad

Fuente: Control de Calidad Santa Barbará E.P 2014.

3.6.3.1 DEFICIENCIAS DE PROCESO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN.

No contar con sistema térmico para poder mantener el electrodo en perfectas condiciones de trabajo para evitar defectos de soldadura.



Figura 25. Electrodo sin Condiciones Óptimas.

Fuente: División Industrial Santa Barbará E.P 2014.

Defectos en el Proceso de Soldadura por no contar con un horno que mantenga al consumible en perfectas condiciones de uso.



Figura 26. Defectos de Soldadura

Fuente: División Industrial Santa Barbará E.P 2014.

Desperdicios de Consumibles por la utilización de electrodo por un lapso superior a la jornada de trabajo.



Figura 27. Desperdicios de Consumibles.

Fuente: División Industrial Santa Barbará E.P 2014.

CAPITULO 4

DISEÑO Y SELECCIÓN

4.1 ANALISIS DEL SISTEMA

El Sistema de Calentamiento está encaminado a la disminución de tiempos de producción así como la prevención de los diferentes defectos en la soldadura ocasionados por la humedad en los consumibles y así evitar el reproceso de los diferentes elementos estructurales que se encuentren dentro de la cadena de fabricación.

El objetivo principal del sistema es mantener a los consumibles en óptimas condiciones para el proceso de soldadura que se han de realizar en los diferentes procesos dentro del área de la división Industrial de la empresa Santa Barbará E.P ya sean estos Corte, Armado, y Soldadura.

El sistema térmico debe mantener una temperatura casi constante en el interior del horno con una variación de temperatura de $\pm 5^{\circ}$ C, tomando a consideración las temperaturas recomendadas por la norma ANSI/AWS A5.1.

4.1.1 CONDICIONES FÍSICAS

El sistema de Calentamiento para el manejo y almacenamiento de consumibles será diseñado sujetándonos a los requerimientos, necesidades solicitadas por la empresa y pegándonos a los diferentes procesos de fabricación existentes dentro del Área. También tomando en cuenta la disponibilidad de espacio físico dentro de las instalaciones de la Empresa sean estas áreas de Bodega Central como de las Bodegas de Herramientas.

DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA

El dimensionamiento de la cámara es de mucha importancia para conocer el volumen con el que contara la cámara de carga del sistema térmico

con el cual nos ayudara para poder realizar los diferentes estudios térmicos y estructurales del sistema a ser diseñado en este capítulo.

En los diferentes procesos con los que cuentan la división industrial se utilizan diferentes tipos de consumibles con los cuales se encuentran en presentaciones de cajas de 20 kg con sus respectivas especificaciones técnicas de estos y dentro de ellas se cuenta con 4 fundas herméticamente selladas de 5 Kg cada una de ellas. Para el dimensionamiento de la cámara de carga del sistema térmico se realizo en la empresa un estudio previo de la cantidad mensual y anual de los diferentes electrodos que se utiliza en los diferentes procesos de fabricación ya sean estos de estructura liviana como de estructura de puentes.

En la tablas que se muestran a continuación se puede observar los electrodos más utilizados dentro de las instalaciones de la empresa sean estos el electrodo E7018 y el electrodo E6011.

Tabla 12

Consumo de Electrodo 7018- 1/8 Año 2013.

ELECTRODO 7018 -1/8 AÑO 2013				
ORD	MESES	DESCRIPCION	CANT MENSUAL	CANT SEMANAL
1	Enero	Electrodo 7018 - 1/8	54 kg	2.7 kg
2	Febrero	Electrodo 7018 - 1/8	68 kg	3.4 kg
3	Marzo	Electrodo 7018 - 1/8	118 kg	5.9 kg
4	Abril	Electrodo 7018 - 1/8	74 kg	3.7 kg
5	Mayo	Electrodo 7018 - 1/8	136 kg	6.8 kg
6	Junio	Electrodo 7018 - 1/8	127 kg	6.4 kg
7	Julio	Electrodo 7018 - 1/8	195 kg	9.8 kg
8	Agosto	Electrodo 7018 - 1/8	93 kg	4.7 kg
9	Septiembre	Electrodo 7018 - 1/8	128 kg	6.4 kg
10	Octubre	Electrodo 7018 - 1/8	250 kg	12.5 kg
11	Noviembre	Electrodo 7018 - 1/8	317 kg	15.9 kg
12	Diciembre	Electrodo 7018 - 1/8	210 kg	10.5 kg
			Sumatoria	88.5 kg
			Promedio	7.4 kg

Fuente: Ayo Carlos.; Bodega Materiales Santa Barbará E.P.

Tabla 13

Consumo de Electrodo 6011 – 1/8 Año 2013

ELECTRODO 6011 -1/8 AÑO 2013				
ORD	MESES	DESCRIPCION	CANT MENSUAL	CANT SEMANAL
1	Enero	Electrodo 6011 - 1/8	8 kg	0.4 kg
2	Febrero	Electrodo 6011 - 1/8	3 kg	0.2 kg
3	Marzo	Electrodo 6011 - 1/8	15 kg	0.8 kg
4	Abril	Electrodo 6011 - 1/8	69 kg	3.5 kg
5	Mayo	Electrodo 6011 - 1/8	15 kg	0.8 kg
6	Junio	Electrodo 6011 - 1/8	8 kg	0.4 kg
7	Julio	Electrodo 6011 - 1/8	4 kg	0.2 kg
8	Agosto	Electrodo 6011 - 1/8	19 kg	1.0 kg
9	Septiembre	Electrodo 6011 - 1/8	10 kg	0.5 kg
10	Octubre	Electrodo 6011 - 1/8	7 kg	0.4 kg
11	Noviembre	Electrodo 6011 - 1/8	8 kg	0.4 kg
12	Diciembre	Electrodo 6011 - 1/8	15 kg	0.8 kg
			Sumatoria	9.1 kg
			Promedio	0.8 kg

Fuente: Ayo Carlos.; Bodega Materiales Santa Barbará E.P.

Como se puede observar en la tabla 4.1 y 4.2 la demanda de consumo de electrodo 7018 en diámetro de un 1/8" es de 7.4 kg a la semana y de 0.8 kg de electrodo 6011 en diámetro de un 1/8" respectivamente a lo que se puede establecer una demanda promedio semanal de 8.2 kg. Entre los dos diferentes tipos de electrodos más utilizados en el proceso de soldadura y armado.

A lo que se tiene una necesidad de carga de 10 kg semanal de electrodo tanto de electrodo 7018 como del electrodo 6011 para cubrir la necesidad de los diferentes procesos que se realizan dentro de la división industrial. Tomando en cuenta que estas cantidades dependerá directamente del tipo de proyecto que se encuentre fabricando dentro de la instalaciones de la empresa.

Para lo cual se tendrá un dimensionamiento provisional o tentativa de la cámara del sistema térmico a diseñar de 0,30 m de alto por 0,30 m de ancho por 0,40 m de profundidad.

DISTRIBUCIÓN DE LOS ACTIVOS EN EL INTERIOR DEL SISTEMA TÉRMICO

La distribución de los activos dentro de la cámara estará supeditada a la cantidad de electrodo a ser utilizado en cada jornada de trabajo y también del tipo de trabajo que se encuentre realizando el respectivo operador ya sea este de corte, armado o soldadura. Gracias a estudios anteriores realizados tenemos un promedio de 7 a 8 kg por semana por lo que la distribución de los electrodos dentro de la cámara se realizara por medio de bandejas para poder tener un acceso rápido a los consumibles dentro del horno y una mejor distribución del calor dentro de la cámara del sistema térmico.

Se realizara bandejas con capacidad de 28 electrodos que representan 1 Kg de los consumibles que se le entrega al operador para su posterior trabajo en los diferentes procesos de fabricación.

En la figura se puede ver la distribución de 9 bandejas con capacidad de 1kg cada una de electrodos que se plantea realizar para un mejor acceso a los productos dentro de la cámara de secado del horno y tener una mejor distribución del calor circundante dentro de la cámara.

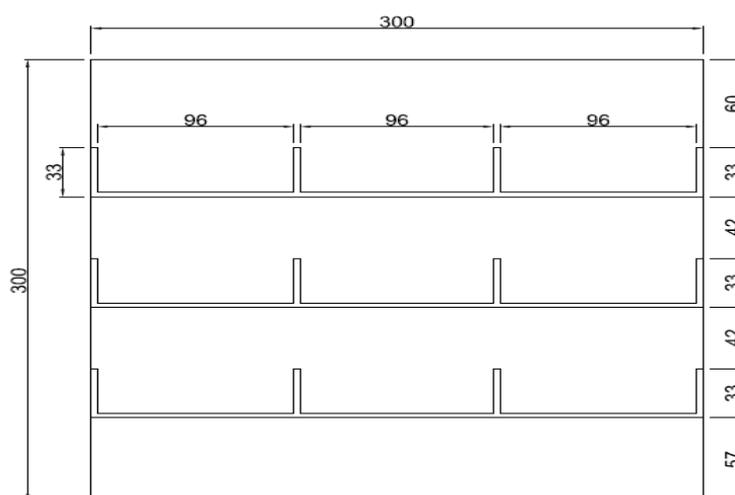


Figura 28. Distribución de Productos Internos en el Horno.

Fuente: Ayo Carlos; Manejo y Almacenamiento Consumibles 2014

DIMENSIONAMIENTO DEFINITIVAS DE LA CÁMARA

Por medio de estudios previos se definió las siguientes dimensiones de la cámara de secado del Horno, Largo: 400 mm, Ancho: 300 mm, Alto: 300 mm. Con un volumen de la cámara es de 0,036 m³

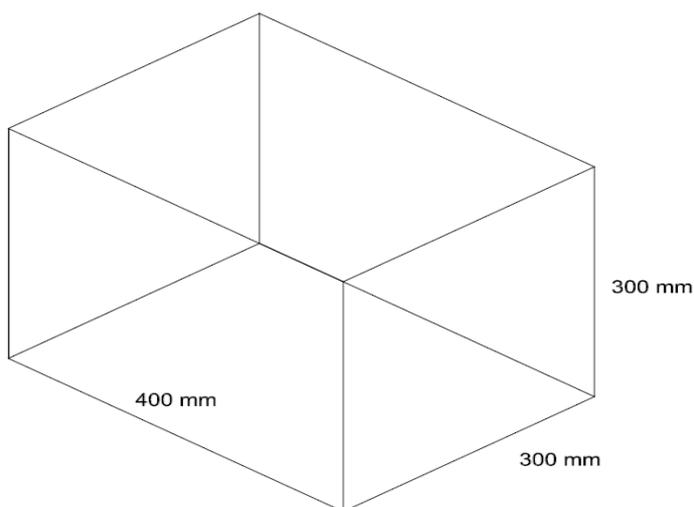


Figura 29. Dimensiones de la cámara de Transferencia de calor.

Fuente: Ayo Carlos; Manejo y Almacenamiento Consumibles 2014

4.1.2 CAPACIDAD DE CARGA

Para los respectivos cálculos se tomara una capacidad de carga de 10 kg semanal considerando un que la producción es continua durante 5 días laborables ya que en previos estudios se realizo los estudios de consumo de electrodo anual mensual y semanal de los diferentes proyectos realizados en años anteriores dentro del área de la división Industrial.

Esta capacidad de carga puede variar dependiendo los proyectos que capte el departamento de comercialización.

4.2 DISEÑO TERMICO DEL SISTEMA

4.2.1 ANÁLISIS DE TEMPERATURAS EN EL SISTEMA TÉRMICO

Para realizar el siguiente sistema se va a realizar un estudio previo de la temperaturas y humedad relativa que con los que se contara en la ciudad de Sangolquí y además de las temperaturas y humedad relativa con la que contaremos en la bodega de maquinas y herramientas donde se instalara el sistema térmico.

4.2.1.1 DATOS METODOLÓGICOS

Santa Barbará E.P tiene sus instalaciones en la provincia de Pichincha ciudad de Sangolquí en los cuales obtenemos los siguientes datos meteorológicos:

- **Sector:** Provincia de Pichincha / Sangolquí
- **Temperatura media:** 17°C
- **Temperatura mínima:** 10 °C
- **Humedad Relativa:** 94%
- **Presión atmosférica:** 730.5 hPa.

4.2.1.2 CONDICIONES AMBIENTALES DE BODEGA DE MÁQUINA HERRAMIENTA

El sistema térmico se tiene previsto la instalación en la bodega de maquinas herramientas del área de maquinas herramientas de la empresa de municiones Santa Barbará E.P en los cuales tenemos los siguientes datos que nos servirán para proceder al diseño.

Temperatura media: 17°C

Temperatura mínima: 10 °C

Humedad Relativa: 55%

4.2.2 ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Para realizar el siguiente diseño del sistema térmico se debe a considerar una serie de estructuras compuestas en las cuales el flujo de calor es unidimensional, aproximadamente.

Para hacer que el tratamiento resulte aplicable a casos prácticos cuyas temperaturas de superficie por lo general se desconocen. Se incluirá en el tratamiento del flujo de calor a través de las resistencias térmicas. Se supondrá que el sistema está expuesto por un lado a un medio a alta temperatura constante, conocida y por el otro medio a baja temperatura constante y conocida.

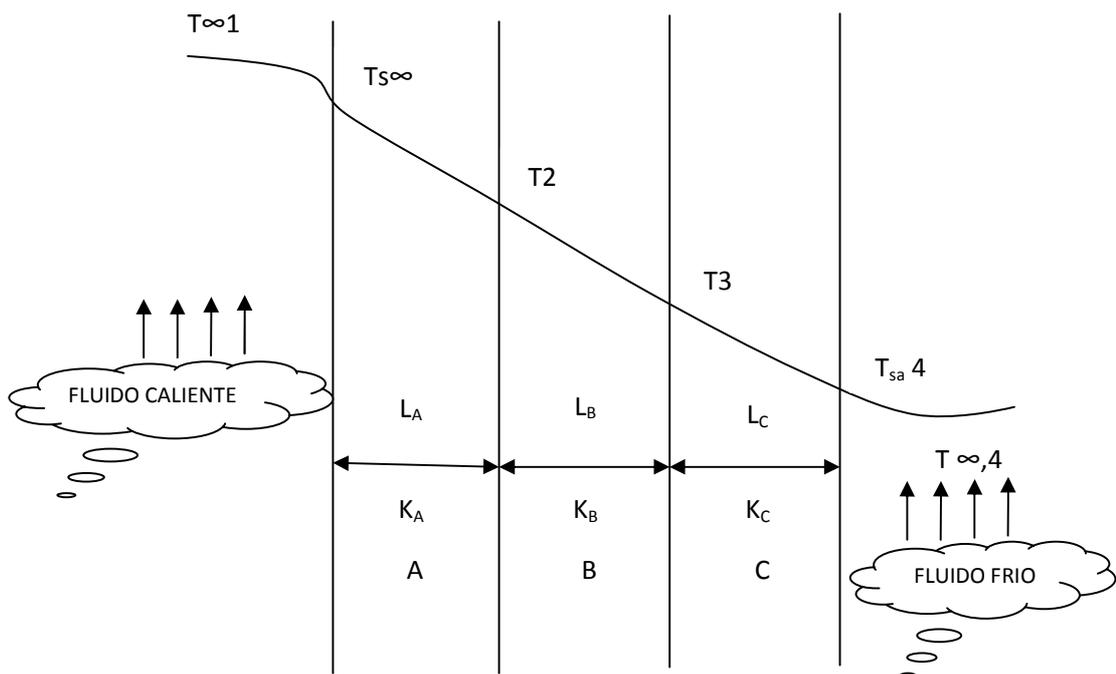


Figura 30. Circuito Térmico Equivalente para una pared compuesta.

Fuente: Ayo Carlos; Manejo y Almacenamiento Consumibles 2014.

$$T_f := \frac{(T_{s1} + T_{i1})}{2} \quad (4.2)$$

$$T_f = 301.5 \text{ } ^\circ\text{K} \quad \text{Temperaturas de la Película [} ^\circ\text{K]}$$

Realizamos una interpolación con la temperatura de 301.65 °K con ayuda de tablas de A.4 Apéndice A Pág. 839 Libro Incropera.

$$Pr := 0.706 \quad \text{Número de Prandtl [Adimensional]}$$

$$\alpha := 2.274 \times 10^{-5} \quad \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right)$$

$$\rho := 1.156 \quad \text{Densidad} \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$C_p := 1.007 \quad \text{Calor Específico} \quad \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right)$$

$$\nu := 1.854 \times 10^{-5} \quad \text{Viscosidad} \quad \left(\frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \right)$$

$$\nu := 1.605 \times 10^{-5} \quad \text{Viscosidad Cinemática} \quad \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right)$$

$$k := 0.026 \quad \text{Coeficiente de Conducción del Aire} \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right)$$

$$\beta := \frac{1}{T_f} \quad (4.3)$$

$$\beta = 3.317 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$$

Numero de Grashof

$$\beta = 3.317 \times 10^{-3} \quad \text{Coeficiente de Expansión Térmica; } (\text{°K}^{-1})$$

$$g_1 := 9.8 \quad \text{Aceleración de la gravedad; } \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

$$T_{s1} = 313 \quad \text{Temperaturas de la Superficie; } [\text{°K}]$$

$$T_{i1} = 290 \quad \text{Temperaturas Ambiente; } [\text{°K}]$$

$$\nu = 1.605 \times 10^{-5} \quad \text{Viscosidad Cinemática; } \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right)$$

$$L_1 := 0.3 \quad \text{Longitud Característica en la superficie vertical;}$$

$$Gr := \left[\frac{g_1 \cdot \beta \cdot (T_{s1} - T_{i1})}{(\nu)^2} \right] \cdot (L_1)^3 \quad (4.4)$$

$$Gr = 7.836 \times 10^7$$

Número de Rayleigh

$$Gr = 7.836 \times 10^7 \quad \text{Número de Grashof [Adimensional]}$$

$$Pr = 0.706 \quad \text{Número de Prandtl [Adimensional]}$$

$$Ra_L := Gr \cdot Pr \quad (4.5)$$

$$Ra_L = 5.532 \times 10^7 \quad \text{Número de Rayleigh [Adimensional]}$$

Número de Nusselt

Datos

$$RaL = 5.532 \times 10^7 \quad \text{Número de Rayleigh [Adimensional]}$$

$$Pr = 0.706 \quad \text{Número de Prandtl [Adimensional]}$$

$$NuL := 0.68 + \frac{\left[0.670 \cdot (RaL)^{\frac{1}{4}} \right]^{\frac{4}{9}}}{\left[1 + \left(\frac{0.492}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{4}{9}}} \quad (4.6)$$

$$NuL = 45.002 \quad \text{Número de Nusselt [Adimensional]}$$

Coefficiente de Convección Interna

$$NuL = 45.002 \quad \text{Numero de Nusselt [Adimensional]} \quad \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$$

$$k = 0.026 \quad \text{Coeficiente de Conducción del Aire} \quad \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$$

$$L1 = 0.3 \quad \text{Longitud Característica en la superficie vertical;}$$

$$h := \frac{NuL \cdot k}{L1} \quad (4.7)$$

$$h = 3.9$$

$$h4 := h = 3.9 \quad \text{Coeficiente de Convección externo;} \quad \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$$

4.2.2.1.2 CALCULO DE COEFICIENTE DE CONVECCIÓN INTERNO

Para el cálculo de coeficiente de convección interno se tomaran las temperaturas al inicio del proceso de calentamiento del sistema térmico en la parte inferior del sistema.

La convección interna en la cámara del sistema térmico se realizara en la parte inferior hacia las paredes laterales hasta llegar hacia el techo ya que las resistencias eléctricas se instalaran en la parte inferior además se debe considerar que la temperatura de secado de los electrodos 7018 es de 350°C según norma AWS 5.1. Tomando en cuenta las siguientes consideraciones técnicas evaluaremos el coeficiente de convección de la placa como una superficie superior de placa caliente o de superficie inferior de placa fría.

Calculo de Coeficiente de Convección Interno

Datos

$La := 0.3$ Largo de la Superficie de la Placa Piso [m]

$An := 0.4$ Ancho de la Superficie de la Placa Piso [m]

Calculo de Área Transversal

$As := La \cdot An$

$As = 0.12$ Área Transversal [m]

Calculo de Perímetro

$P := 2La + 2An$

$P = 1.4$ Perímetro [m]

Calculo de la Longitud Característica

$$L_c := \frac{A_s}{P} \quad (4.8)$$

$$L_c = 0.086 \quad \text{Longitud Característica [m]}$$

Datos

$$T_{s2} := 350 \quad ^\circ\text{C} \quad \text{Temperaturas de la Superficie Placa [}^\circ\text{C]}$$

$$T_{s21} := T_{s2} + 273$$

$$T_{s21} = 623 \quad ^\circ\text{K} \quad \text{Temperaturas de la Superficie Placa [}^\circ\text{K]}$$

$$T_{i2} := 20 \quad ^\circ\text{C} \quad \text{Temperatura Ambiente [}^\circ\text{C]}$$

$$T_{i21} := T_{i2} + 273$$

$$T_{i21} = 293 \quad ^\circ\text{K} \quad \text{Temperaturas Ambiente [}^\circ\text{K]}$$

$$T_{f2} := \frac{(T_{s21} + T_{i21})}{2} \quad (4.2)$$

$$T_{f2} = 458 \quad ^\circ\text{K} \quad \text{Temperaturas de la Película [}^\circ\text{K]}$$

Realizamos una interpolación con la temperatura de 458 °K con tablas A4 Apéndice A Pág. 839 Libro Incropera.

$$Pr_2 := 0.685 \quad \text{Número de Prandtl [Adimensional]}$$

$$\alpha_2 := 4.872 \times 10^{-5} \quad \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right)$$

$$\rho_2 := 0.761 \quad \text{Densidad} \quad \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$Cp2 := 1.022$	Calor Específico	$\left(\frac{KJ}{KgN} \right)$
$\nu2 := 253.804 \times 10^{-7}$		$\left(\frac{Ns}{m^2} \right)$
$\nu2 := 3.341 \times 10^{-5}$	Viscosidad Cinemática	$\left(\frac{m^2}{s} \right)$
$k2 := 37.84 \times 10^{-3}$	Coeficiente de Conducción del Aire	$\left(\frac{W}{m^{\circ}K} \right)$
$\beta2 := \frac{1}{Tf2}$		(4.3)
$\beta2 = 2.183 \times 10^{-3} \text{ } ^{\circ}K^{-1}$		

Numero de Grashof

$\beta2 = 2.183 \times 10^{-3}$	Coeficiente de Expansión Térmica;	$(^{\circ}K^{-1})$
$g1 := 9.8$	Aceleración de la gravedad;	$\left(\frac{m}{s^2} \right)$
$Ts21 = 623$	Temperaturas de la Superficie; [°K]	
$Ti21 = 293$	Temperaturas Ambiente; [°K]	
$\nu2 = 3.341 \times 10^{-5}$	Viscosidad Cinemática;	$\left(\frac{m^2}{s} \right)$
$L2 := 0.0857$	Longitud Característica en la superficie vertical;	

$$\text{Gr}_2 := \left[\frac{g_1 \cdot \beta_2 \cdot (T_{s21} - T_{i21})}{(v_2)^2} \right] \cdot (L_2)^3 \quad (4.4)$$

$$\text{Gr}_2 = 3.982 \times 10^6$$

Número de Rayleigh

$$\text{Gr}_2 = 3.982 \times 10^6 \quad \text{Número de Grashof [Adimensional]}$$

$$\text{Pr}_2 = 1 \cdot 0.685 \quad \text{Número de Prandtl [Adimensional]}$$

$$\text{RaL}_2 := \text{Gr}_2 \cdot \text{Pr}_2 \quad (4.5)$$

$$\text{RaL}_2 = 2.727 \times 10^6 \quad \text{Número de Rayleigh [Adimensional]}$$

Número de Nusselt

Datos

$$\text{RaL}_2 = 2.727 \times 10^6 \quad \text{Número de Rayleigh [Adimensional]}$$

$$\text{Pr}_2 = 0.685 \quad \text{Número de Prandtl [Adimensional]}$$

$$\text{NuL}_2 := 0.54 \cdot (\text{RaL}_2)^{\frac{1}{4}} \quad (4.9)$$

$$\text{NuL}_2 = 21.945 \quad \text{Número de Nusselt [Adimensional]}$$

Coefficiente de Convección Interna

$$\text{NuL2} = 21.945$$

Numero de Nusselt [Adimensional]

$$k2 = 0.038$$

Coefficiente de Conducción del Aire $\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right)$

$$L2 = 0.086$$

Longitud Característica en la superficie vertical;

$$h2 := \frac{\text{NuL2} \cdot k2}{L2} \quad (4.7)$$

$$h2 = 9.69$$

$$h1 := h2 = 9.69$$

Coefficiente de Convección externo; $\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right)$

4.2.2.1.3 CALCULO DE COEFICIENTE DE RADIACIÓN

Tomaremos a consideración los mismos parámetros que utilizamos en el cálculo de coeficiente de convección ya que la radiación se realizara igual desde la parte inferior del sistema térmico hacia las paredes y el techo respectivamente.

Además también se debe considerar que las resistencias se encuentran sobre el piso ladrillo refractario, se estima una emisividad a 0.9 pero por motivos de diseño tomaremos el valor de 0.8.

Calculo de Coeficiente de Radiación

Datos

$T_{s2r} := 350 \text{ } ^\circ\text{C}$ Temperaturas de la Superficie Placa [$^\circ\text{C}$]

$T_{s21r} := T_{s2r} + 273$

$T_{s21r} = 623 \text{ } ^\circ\text{K}$ Temperaturas de la Superficie Placa [$^\circ\text{K}$]

$T_{alr} := 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ Temperatura Ambiente [$^\circ\text{C}$]

$T_{alr1} := T_{alr} + 273$

$T_{alr1} = 293 \text{ } ^\circ\text{K}$ Temperaturas Ambiente [$^\circ\text{K}$]

$\epsilon_1 := 0.8$ Emisividad [Adimensional]

$\sigma := 5.67 \times 10^{-8}$ Constante de Stefan - Boltzmann $\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4} \right)$

$$hr1 := \epsilon_1 \cdot \sigma \cdot [(T_{s21r} - T_{alr1}) \cdot [(T_{s21r})^2 - (T_{alr1})^2]] \quad (4.10)$$

$hr1 = 4.525$

4.2.2.1.4 REPRESENTACIÓN DE CIRCUITOS DE RESISTENCIAS TÉRMICAS PARA EVALUAR LA TEMPERATURA SUPERFICIAL.

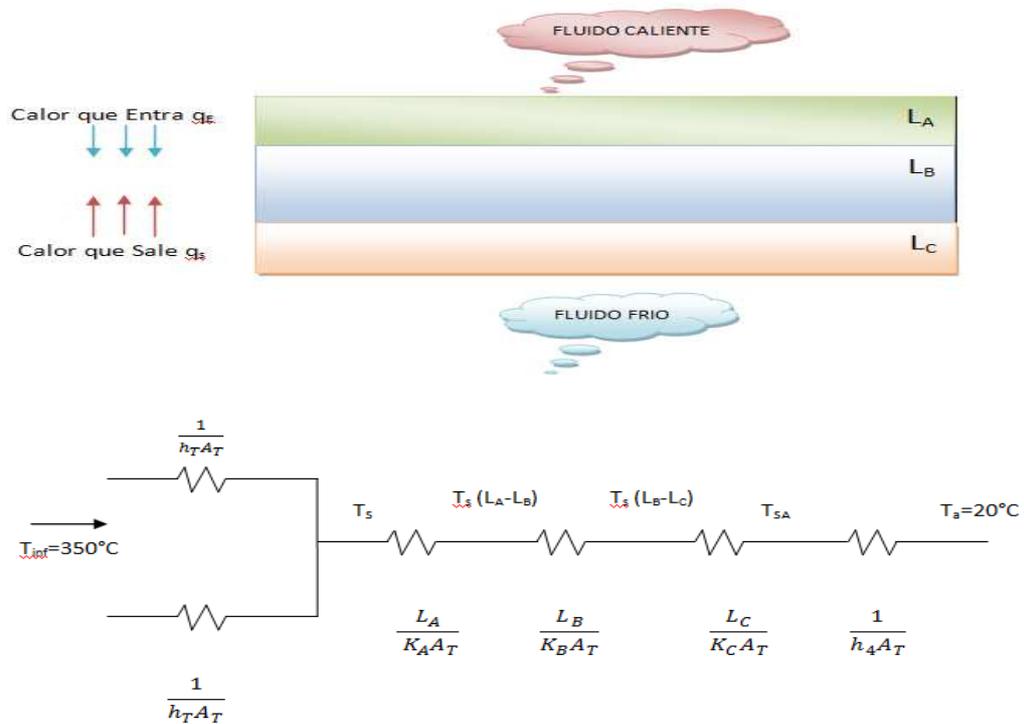


Figura 31. Representación de la analógica eléctrica

Fuente: Ayo Carlos; Manejo y Almacenamiento Consumibles 2014.

$h_4 = 3.9$	Coeficiente de Convección Interno	$\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right)$
$h_1 = 9.69$	Coeficiente de Convección externo;	$\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right)$
$T_{i21} = 293$	Temperatura Ambiente del Fluido Frio	$[\text{K}]$
$T_{s21} = 623$	Temperaturas de la Superficie	$[\text{K}]$

$A_s = 0.12$	Área;	(m^2)
$K_\alpha := 231$	Coefficiente de Conducción Térmica del Acero Galvanizado	$\left(\frac{W}{m \cdot K}\right)$
$K_\beta := 0.068$	Coefficiente de Conducción Térmica de la Manta Térmica	$\left(\frac{W}{m \cdot K}\right)$
$K_\gamma := 46.98$	Coefficiente de Conducción Térmica del Aluminio	$\left(\frac{W}{m \cdot K}\right)$
$L_\alpha := 1 \times 10^{-3}$	Espesor del acero Galvanizado	(m)
$L_\beta := 0.0508$	Espesor de la Manta Térmica	(m)
$L_\gamma := 1.5 \times 10^{-3}$	Espesor del Aluminio	(m)

Calculo del Calor que Entra

$$Q_E := \frac{(T_{sa} - T_a)}{\frac{1}{(h_1 \cdot A_s)}} \quad (4.11)$$

Calculo del Calor que Sale

$$Q_S := \frac{(T_{s21} - T_{sa})}{\left[\frac{1}{\frac{1}{(h_4 \cdot A_s)} + \frac{1}{(h_{r1} \cdot A_s)}} \right] + \frac{L_\alpha}{K_\alpha \cdot A_s} + \frac{L_\beta}{K_\beta \cdot A_s} + \frac{L_\gamma}{K_\gamma \cdot A_s}} \quad (4.12)$$

$$Q_E := Q_S$$

Ecu 4.11 y Ecu 4.12

$$\frac{(T_{sa} - T_a)}{\frac{1}{(h_1 \cdot A_s)}} := \frac{(T_{s21} - T_{sa})}{\left[\frac{1}{(h_4 \cdot A_s)} + \frac{1}{(hr_1 \cdot A_s)} \right] + \frac{L_\alpha}{K_\alpha \cdot A_s} + \frac{L_\beta}{K_\beta \cdot A_s} + \frac{L_\gamma}{K_\gamma \cdot A_s}}$$

$T_{sa} := 312.59$ (°K) $T_{sa} = 40$ °C Valor que se aproxima a lo asumido

4.2.3 BALANCE ENERGETICO

4.2.3.1 CALCULO DEL CALOR REQUERIDO PARA CALENTAR LA CARGA

Para el diseño del siguiente sistema de calentamiento se va a tomar a consideración para el cálculo del calor para calentar la carga, los diferentes calores sea para nuestro caso él:

- Calor requerido para calentar el Electrodo
- Calor para calentar las bandejas que contienen los electrodos
- Calor para que el aire circundante se caliente
- Calor de evaporación del agua de los electrodos cuando se encuentren húmedos.

Por lo tanto tenemos la siguiente expresión matemática para el cálculo del calor requerido para calentar la carga.

$$Q_{carga1} := Q_\epsilon + Q_\eta + Q_o + Q_v$$

Donde

Q_ϵ Calor que Absorbe el Electrodo (KJ)

Q_η Calor que Absorbe las Bandejas (KJ)

Q_o Calor Calentar el Aire Circundante (KJ)

Q_v Calor Evaporación (KJ)

4.2.3.1.1 CALOR QUE ABSORBE EL ELECTRODO

En estudios previos se pudo constatar que la capacidad de la cámara del sistema térmico propuesta a ser diseñado es de 10 Kg de electrodo.

Además de que la mayor cantidad de electrodos a ser utilizados en la área de la División Industrial es el electrodo E7018 para los cuales se tiene en una ficha técnica la composición química de esta en las cuales se puede observar valores de carbono bastante bajo y gracias a tablas de los Anexo C podemos obtener los valores del calor específico del electrodo.

Donde

$M_{\epsilon} := 10$	Masa del Electrodo	(Kg)
$C_{p\epsilon} := 0.465$	Calor Especifico del Electrodo	$\left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} \right)$
$T_{s2r} = 350$	Temperatura de la Superficie	($^\circ\text{C}$)
$T_i = 17$	Temperatura Ambiente	($^\circ\text{C}$)

Calculo de Diferencial de Temperatura

$$\Delta t := (T_{s2r} - T_i) \quad (4.13)$$

$\Delta t = 333$	Diferencial de Temperatura	($^\circ\text{C}$)
------------------	----------------------------	----------------------

Cálculo de Calor que Absorbe el Electrodo

$$Q_{\epsilon} := M_{\epsilon} \cdot C_{p\epsilon} \cdot \Delta t \quad (4.14)$$

$Q_{\epsilon} = 1.548 \times 10^3$	Calor que Absorbe el Electrodo	(KJ)
------------------------------------	--------------------------------	------

4.2.3.1.2 CALOR QUE ABSORBE LA BANDEJA

Donde

$M_{\eta} := 1.3$	Masa de la Bandeja	(Kg)
$C_{p\eta} := 0.909$	Calor Específico de la bandeja De Aluminio	$\left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} \right)$
$T_{s2r} = 350$	Temperatura de la Superficie	($^\circ\text{C}$)
$T_i = 17$	Temperatura Ambiente	($^\circ\text{C}$)

Calculo de Diferencial de Temperatura

$$\Delta t_{\eta} := (T_{s2r} - T_i) + 273 \quad (4.13)$$

$$\Delta t_{\eta} = 606 \quad \text{Diferencial de Temperatura} \quad (^\circ\text{K})$$

Calculo de Calor que Absorbe la Bandeja

$$Q_{\eta} := (3M_{\eta}) \cdot C_{p\eta} \cdot \Delta t_{\eta} \quad (4.15)$$

$$Q_{\eta} = 2.148 \times 10^3 \quad \text{Calor que Absorbe las Bandejas} \quad (\text{KJ})$$

4.2.3.1.3 CALOR QUE SE NECESITA PARA CALENTAR EL AIRE

CIRCUNDANTE Q_{aire}

Tomando en cuenta los la Propiedades termo físicas de los Gases a presión Atmosférica de la tablas de los Anexo C.

A una temperatura del Aire a $350^\circ\text{C} \square 623^\circ\text{K}$

Donde

$\rho_o := 0.559$	Densidad de Aire	$\left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right)$
$C_{p_o} := 1.045$	Calor Específico de la bandeja de Aluminio	$\left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} \right)$
$V_o := 0.036$	Volumen de Aire Contenido en la Cámara de Calentamiento	(m^3)
$T_{s2r} = 350$	Temperatura de la Superficie	$(^\circ\text{C})$
$T_i = 17$	Temperatura Ambiente	$(^\circ\text{C})$

Calculo de Diferencial de Temperatura

$$\Delta t_o := (T_{s2r} - T_i) + 273 \quad \text{Aplicando Ecuación (4.13)}$$

$$\Delta t_o = 606 \quad \text{Diferencial de Temperatura} \quad (^\circ\text{K})$$

Calculo de Calor que Absorbe el Aire Circundante

$$Q_o := \rho_o \cdot V_o C_{p_o} \cdot \Delta t_o \quad \text{Ecuación (4.16)}$$

$$Q_o = 12.744 \quad \text{Calor Absorbe el Aire Circundante} \quad (\text{KJ})$$

4.2.3.1.4 CALOR DE EVAPORACIÓN Q_{ev}

Para el cálculo del calor de evaporación se va a tomar el estado más crítico del electrodo cuando este se encuentre húmedo para lo que se va a tabular pesos tanto en el estado húmedo como en el estado seco para el electrodo que mas humedad absorbe en este caso el E 7018.

Tabla 14**Tablas de Humedad del Electrodo E7018**

Tabla de Humedad del electrodo E7018		
E7018 (seco)	E7018 (Húmedo)	Diferencia
10 Kg	10.95 Kg	0.95 Kg

Fuente: Ayo Carlos.; Bodega Materiales EM Santa Barbará E.P.

A lo que se refleja que existe un incremento de la masa del 10% de la masa total del electrodo que se va calentar que aproximadamente es 0.95 Kg el mismo que se encuentran representados en la humedad absorbida por el revestimiento de este.

4.2.3.1.5 CALCULO DE CALOR SENSIBLE Q_{sen}

Para el cálculo del calor latente se debe toma en cuenta la presión atmosférica que tiene la ciudad de Sangolquí que es aproximadamente de 730.5 hPa según fuente del INHAMI en el Anexo C. Con lo cual se puede obtener la temperatura real en la que el agua en la cuidada de Sangolquí llega a su punto de ebullición.

Donde

$$Pat := 73.05 \cdot \frac{760}{101.325} \quad \text{Transformación de Unidades} \quad (4.17)$$

$$Pat = 547.92 \quad \text{Presión Atmosférica Ciudad Sangolquí} \quad (\text{mmHg})$$

$$\Delta P := 760 - 547.92$$

$$\Delta P = 212.08 \quad \text{Diferencial de Presiones} \quad (\text{mmHg})$$

$$F_c := \Delta P \cdot \left(\frac{0.37}{10} \right) \quad (4.18)$$

$$F_c = 7.847$$

$$T_e := 100 - F_c$$

$$T_e = 92.153 \quad \text{Temperatura de Ebullición de Agua en la ciudad de Sangolquí} \quad (^\circ\text{C})$$

$$m_{ev} := 0.954 \quad \text{Masa de evaporación de los electrodos} \quad (\text{kg})$$

$$C_{psen} := 4.209 \quad \text{Calor Específico de la bandeja de Aluminio} \quad \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right)$$

$$T_e = 92.153 \quad \text{Temperatura de Ebullición de Agua en Sangolquí} \quad (^\circ\text{C})$$

$$T_i = 17 \quad \text{Temperatura Ambiente} \quad (^\circ\text{C})$$

Calculo de Diferencial de Temperatura

$$\Delta t_{sen} := (T_e - T_i) + 273 \quad (4.13)$$

$$\Delta t_{sen} = 348.153 \quad \text{Diferencial de Temperatura Sensible} \quad (^\circ\text{K})$$

Calculo del Calor Sensible

$$q_{sen} := m_{ev} C_{psen} \cdot \Delta t_{sen} \quad (4.19)$$

$$q_{sen} = 1.398 \times 10^3 \quad \text{Calor Sensible} \quad (\text{KJ})$$

4.2.3.1.6 CALCULO DE CALOR LATENTE q_{lat}

Adicionalmente se considera que el agua tiene un comportamiento a la temperatura superior a los 100°C que se lo llama como Calor latente al que se lo considera como h_{fg} , en el Anexo C:

Calculo del Calor Latente

$$m_{ev} := 0.954 \quad \text{Masa de evaporación de los electrodos (kg)}$$

$$h_{fg} := 2257 \quad \text{Entalpia} \quad \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right)$$

$$q_{lat} := m_{ev} h_{fg} \quad (4.20)$$

$$q_{lat} = 2.153 \times 10^3 \quad \text{Calor Latente} \quad (\text{kJ})$$

Calculo del Calor Evaporación

$$Q_v := q_{sen} + q_{lat} \quad (4.21)$$

$$Q_v = 3.551 \times 10^3 \quad \text{Calor Evaporación} \quad (\text{kJ})$$

Calculo de Calor que requiere la carga para Calentarse

$$Q_{carga1} := Q_\epsilon + Q_\eta + Q_o + Q_v \quad (4.22)$$

$$Q_{carga} := Q_{carga1} \cdot 0.277 \quad \text{Conversión de Unidades}$$

$$Q_{carga} = 2.011 \times 10^3 \quad \text{Calor que Requiere la Carga} \quad (\text{W} \cdot \text{h})$$

4.2.3.2 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE TRANSFERENCIA A TRAVÉS DE PAREDES

MATRIZ DE SELECCION

La Matriz de Selección es una herramienta para tomar decisiones en equipo, utilizando criterios ponderados y acordados. Esta herramienta se emplea para asignar prioridades a problemas, tareas, soluciones u otras opciones posibles.

Se lo utiliza cuando se necesita seleccionar y ubicar las opciones en forma prioritaria, así mismo esta herramienta ayuda a REDUCIR el número de opciones, de modo que sea posible tomar decisiones con mayor facilidad.

Para la realización de esta matriz se puede utilizar los siguientes pasos:

Establecer el objetivo principal a alcanzar y las opciones que ayuden a lograrlo. Generar los criterios por los que se juzgarán las opciones. Es posible obtener los criterios empleando una Tormenta de Ideas.

Juzgar cada criterio contra todos los demás. Crear una matriz de pares, es decir hacer una tabla en la que se nombren las filas y columnas con cada uno de los criterios. Comparar la importancia de cada uno de ellos contra los demás por medio de la siguiente escala:

10 = Mucho más importante	1/5 = Menos importante
5 = Más importante	1/10 = Mucho menos importante
1 = Igual	

Comparar cada opción contra todas las demás. Crear una matriz de pares para cada criterio que se tiene; nombrar las filas y columnas de cada matriz con las opciones a evaluar. Hacer la comparación y evaluación según la siguiente escala:

10 = Mucho mejor

1/5 = Peor.

5 = Mejor

1/10 = Mucho peor.

1 = Igual.

Por último, construir la matriz final. Etiquetar las filas con las opciones y las columnas con los criterios. Multiplicar el Factor de Ponderación (FP) por el Peso de la Opción (PO) respectivo. Luego sumar cada fila para obtener el puntaje final para cada opción. Finalmente seleccionar la opción de mayor puntaje.

A continuación realizaremos la ponderación de los criterios a ser evaluados en las tablas de ponderación.

- Temperatura de Trabajo.
- Costo
- Maleabilidad.

(aiteco)

Tabla 15

Factor de Ponderación (F.P.)

Factor de Ponderación					
	Temperatura	Costo	Maleabilidad	Suma	F.P
Tem Trabajo		0,20	1,00	1,20	0,07
Costo	10,00		5,00	15,00	0,91
Maleabilidad	0,10	0,20		0,30	0,02
				16,50	1,00

La temperatura de trabajo.

Tabla 16

Comparación de Opciones (Temperatura de Trabajo)

Temperatura de Trabajo					
	Aluminio	Inox	Galvanizado	Suma	P.O
Aluminio		10,00	5,00	15,00	0,91
Inox	0,20		0,10	0,30	0,02
Galvanizado	1,00	0,20		1,20	0,07
				16,5	1,00

El menor costo.

Tabla 17

Comparación de Opciones (Menor Costo)

Menor Costo					
	Aluminio	Inox	Galvanizado	Suma	P.O
Aluminio		10,00	5,00	15,00	0,73
Inox	0,10		0,20	0,30	0,01
Galvanizado	5,00	0,20		5,20	0,25
				20,5	1,00

La maleabilidad.

Tabla 18

Comparación de Opciones (Maleabilidad)

Maleabilidad					
	Aluminio	Inox	Galvanizado	Suma	P.O
Aluminio		10,00	5,00	15,00	0,91
Inox	0,10		0,20	0,30	0,02
Galvanizado	1,00	0,20		1,20	0,07
				16,5	1,00

Tabla 19

Matriz final de Resultados

Matriz Final De Resultados							
	Temp Trabajo		Costo		Maleabilidad	Puntaje	
	F.P	x P.O	F.P	x P.O	F.P	x P.O	Final
Aluminio	0,07		0,67		0,02		0,75
Inox	0,00		0,01		0,00		0,01
Galvanizado	0,01		0,23		0,00		0,24

4.2.3.2.1 CALCULO DE ÁREAS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Con fines de cálculo de diseño se tomara a continuación como referencia a los siguientes materiales y a sus respectivos espesores para la realización del cálculo de las diferentes áreas de transferencia de Calor:

L_y = Espesor aluminio = 0.0015 m

L_g = Espesor manta cerámica = 0.0508 m

L_{α} = Espesor acero galvanizado = 0.001 m

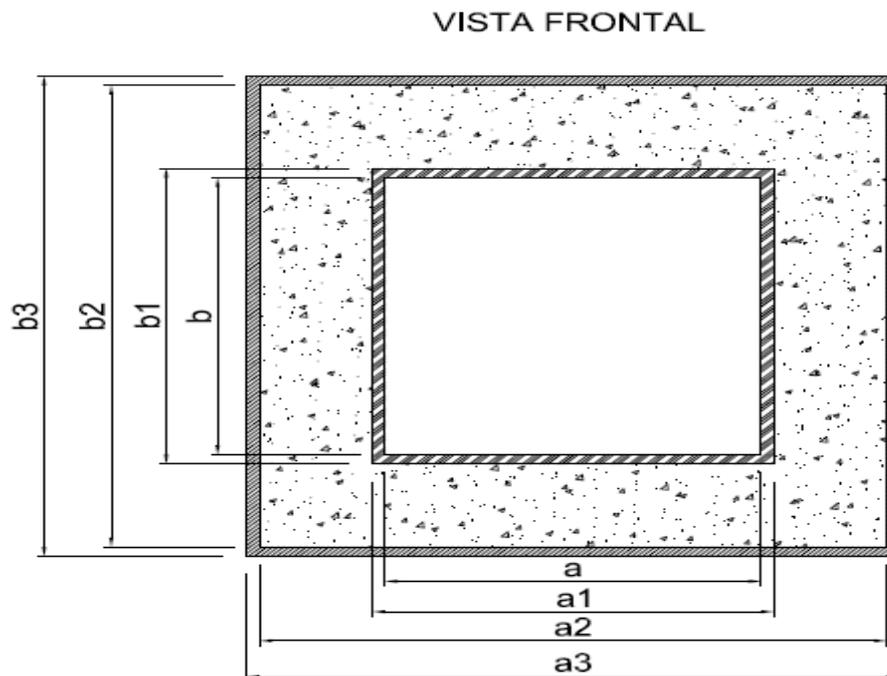


Figura 32. Vista Frontal Cámara de Calentamiento, Calculo de Áreas

Fuente: Ayo Carlos; Manejo y Almacenamiento Consumibles 2014

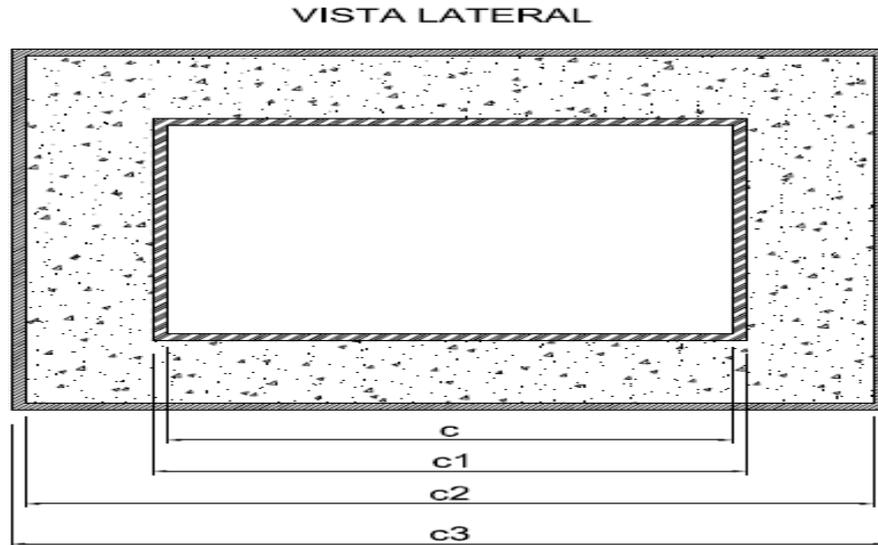


Figura 33. Vista Lateral Cámara de Calentamiento, Calculo de Áreas

Fuente: Ayo Carlos; Manejo y Almacenamiento Consumibles 2014

Calculo de Áreas de Transferencias de Calor

$L_{\alpha} = 1 \times 10^{-3}$	Espesor del acero Galvanizado	(m)
$L_{\beta} = 0.051$	Espesor de la Manta Cerámica	(m)
$L_{\gamma} = 1.5 \times 10^{-3}$	Espesor del Aluminio	(m)
$a_0 := 0.3$	Ancho de la Cámara	(m)
$b_0 := 0.3$	Alto de la Cámara	(m)
$c_0 := 0.4$	Profundidad de la Cámara	(m)

Área Inicial de la Cámara

$$A_0 := 2[(a_0 \cdot c_0) + (b_0 \cdot c_0) + (a_0 \cdot b_0)]$$

$$A_0 = 0.66 \quad \text{Área Inicial de la Chamara} \quad (\text{m}^2)$$

A continuación para el cálculo de las siguientes áreas se suma los espesores de los materiales, según se muestra en las Figuras 4.5 y 4.6.

Área del Espesor del Aluminio

$$a_1 := a_0 + 2L_\gamma$$

$$a_1 = 0.303 \quad \text{Ancho de la placa de aluminio} \quad (\text{m})$$

$$b_1 := b_0 + 2L_\gamma$$

$$b_1 = 0.303 \quad \text{Alto de la placa de aluminio} \quad (\text{m})$$

$$c_1 := c_0 + 2L_\gamma$$

$$c_1 = 0.403 \quad \text{Profundidad de la placa de aluminio} \quad (\text{m})$$

$$A_1 := 2[(a_1 \cdot c_1) + (b_1 \cdot c_1) + (a_1 \cdot b_1)]$$

$$A_1 = 0.672 \quad \text{Área del Espesor del Aluminio} \quad (\text{m}^2)$$

Área del Espesor de la Manta Cerámica

$$a_2 := a_1 + 2L_\beta$$

$$a_2 = 0.405 \quad \text{Ancho de la Manta Cerámica} \quad (\text{m})$$

$$b_2 := b_1 + 2L_\beta$$

$$b_2 = 0.405 \quad \text{Alto de la Manta Cerámica} \quad (\text{m})$$

$$c_2 := c_1 + 2L_\beta$$

$$c_2 = 0.505 \quad \text{Profundidad de la Manta Cerámica} \quad (\text{m})$$

$$A2 := 2[(a_2 \cdot c_2) + (b_2 \cdot c_2) + (a_2 \cdot b_2)]$$

$$A2 = 1.144 \quad \text{Área de la Manta Cerámica} \quad (\text{m}^2)$$

Área del Espesor del Acero Galvanizado

$$a_3 := a_2 + 2L_\gamma$$

$$a_3 = 0.408 \quad \text{Ancho del Acero Galvanizado} \quad (\text{m})$$

$$b_3 := b_2 + 2L_\gamma$$

$$b_3 = 0.408 \quad \text{Alto del acero Galvanizado} \quad (\text{m})$$

$$c_3 := c_2 + 2L_\gamma$$

$$c_3 = 0.508 \quad \text{Profundidad del Acero Galvanizado} \quad (\text{m})$$

$$A3 := 2[(a_3 \cdot c_3) + (b_3 \cdot c_3) + (a_3 \cdot b_3)]$$

$$A3 = 1.16 \quad \text{Área del Espesor del Acero Galvanizado} \quad (\text{m}^2)$$

Aplicando la ecuación 4.1 podemos calcular las pérdidas

$$q_x := \frac{(TR1)}{R1 + R2 + R3 + R4 + R5} \quad (4.1)$$

Donde:

R1 = Resistencia térmica entre el fluido caliente y la superficie cercana al fluido caliente; [$^{\circ}\text{K}/\text{m}$]

R2 = Resistencia térmica del aluminio; [$^{\circ}\text{K}/\text{m}$]

R3 = Resistencia térmica de la manta cerámica [$^{\circ}\text{K}/\text{m}$]

R4 = Resistencia térmica del acero galvanizado [$^{\circ}\text{K}/\text{m}$].

Calculo de la Resistencia Térmica entre el Fluido Caliente y la Superficie Cercana al Fluido Caliente

$$R1 := \left[\frac{1}{\frac{1}{(h2 \cdot A0)}} + \frac{1}{\frac{1}{(hr1 \cdot A0)}} \right]^{-1}$$

$$R1 = 0.107 \quad \left(\frac{^{\circ}\text{K}}{\text{W}} \right)$$

Calculo de la Resistencia Térmica del Aluminio

$$R2 := \frac{L\gamma}{(K\gamma \cdot A1)}$$

$$R2 = 4.751 \times 10^{-5} \quad \left(\frac{^{\circ}\text{K}}{\text{W}} \right)$$

Calculo de la Resistencia Térmica Manta Cerámica

$$R3 := \frac{L\beta}{(K\beta \cdot A2)}$$

$$R3 = 0.653 \quad \left(\frac{^{\circ}\text{K}}{\text{W}} \right)$$

Calculo de la Resistencia Térmica del Acero Galvanizado

$$R4 := \frac{L\alpha}{(K\alpha \cdot A3)}$$

$$R4 = 3.732 \times 10^{-6} \quad \left(\frac{^{\circ}\text{K}}{\text{W}} \right)$$

Calculo de la Resistencia Térmica

$$R5 := \frac{1}{(h4 \cdot A3)}$$

$$R5 = 0.221$$

calculo de Perdidas de Transferencia de Calor a través de Paredes

$$Ti = 17$$

$$Ts2r = 350$$

$$TR := Ts2r - Ti$$

$$TR = 333$$

$$TR1 := TR + 273 \quad \text{Diferencial de Temperatura} \quad (^\circ\text{K})$$

$$qx := \frac{(TR1)}{R1 + R2 + R3 + R4 + R5} \quad (4.1)$$

$$qx = 617.925 \quad \text{Calor de Perdidas} \quad (\text{W} \cdot \text{h})$$

4.2.3.3 RENDIMIENTO DEL HORNO.

Para calcular el rendimiento del horno, se tomara como valores de la siguiente manera con lo cual evaluaremos el calor de la carga contra el calor de la carga menos las pérdidas producidas.

Donde

$$Qcarga = 2.011 \times 10^3 \quad \text{Calor que Requiere la Carga} \quad (\text{W} \cdot \text{h})$$

$$q_x = 617.925 \quad \text{Calor de Perdidas} \quad (\text{W}\cdot\text{h})$$

$$\eta := \left(\frac{Q_{\text{carga}}}{Q_{\text{carga}} + q_x} \right) \cdot 100$$

$$\eta = 76.497 \quad \text{Rendimiento del Horno} \quad (\text{W}\cdot\text{h})$$

4.2.3.4 POTENCIA DEL HORNO

Para potencia que requiere el Horno, es una función de la eficiencia del consumo calorífico y del tiempo. Estas variables se combinan en la siguiente ecuación, tomando en cuenta que el tiempo recomendado en el código AWS 5.1 para calentamiento de electrodos.

Donde

$$Q_{\text{carga}} = 2.011 \times 10^3 \quad \text{Calor que Requiere la Carga} \quad (\text{W}\cdot\text{h})$$

$$\Delta t_c := 2 \quad \text{Tiempo de Calentamiento} \quad (\text{h})$$

$$\text{PotC} := \frac{Q_{\text{carga}}}{\Delta t_c} \quad (4.23)$$

$$\text{PotC} = 1.006 \times 10^3 \quad \text{Potencia de Carga} \quad (\text{W})$$

Potencia de Pérdidas

$$\text{PotP} := q_x$$

$$\text{PotP} = 617.925 \quad \text{Potencia de Perdidas} \quad (\text{W})$$

Potencia Requerida

$$\text{Preq} := \text{PotC} + \text{PotP} \quad 4.24$$

$$\text{Preq} = 1.624 \times 10^3 \quad \text{Potencia Requerida} \quad (\text{W})$$

4.3 DISEÑO MECANICO DEL SISTEMA

4.3.1 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

4.3.1.1 DISEÑO DEL PERFIL QUE VA A SOPORTAR LA CARGA DE LA BANDEJA

Para el diseño consideramos que tenemos un peso de 15Kg, distribuidos entre el peso de los electrodos y la bandeja, peso que se transformara de una carga puntual a una carga distribuida a lo largo del perfil a ser calculado por lo que se supone que el sistema propuesto queda de la siguiente manera:

Datos:

$L = 0.37 \text{ m} = \text{Longitud del perfil}$

$W1 = 0.4 \text{ N/mm} = \text{Carga distribuida aplicada.}$

$$W1 = 15 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W1 = 147 \text{ N} / 370\text{mm}$$

$$W1 = 0.40 \text{ N/mm}$$

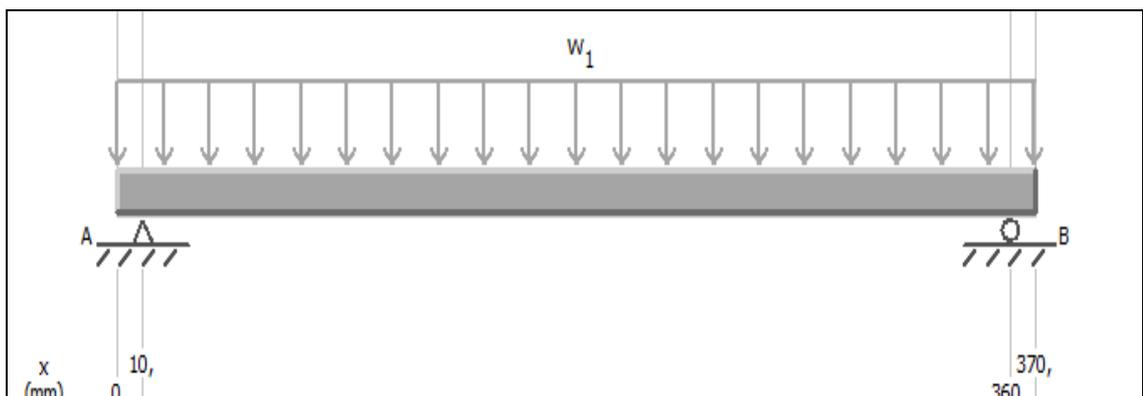


Figura 34. Viga con Carga Distribuida a Ser Diseñada

Fuente: Ayo Carlos; MD Solids 4.0

Calculo de reacciones en los puntos de apoyo de la viga

$$\Sigma M_A = 0$$

$$R_{BY}(0.35\text{m}) - 148\text{N}(0.175\text{m}) = 0$$

$$R_{BY} = 74\text{N}$$

$$\Sigma F_y = 0 \uparrow +$$

$$R_{AY} + R_{BY} - 148 = 0$$

$$R_{AY} + 74\text{N} - 148\text{N} = 0$$

$$R_{AY} = 74\text{N}$$

Aplicando método esfuerzo cortante y momento flexionante

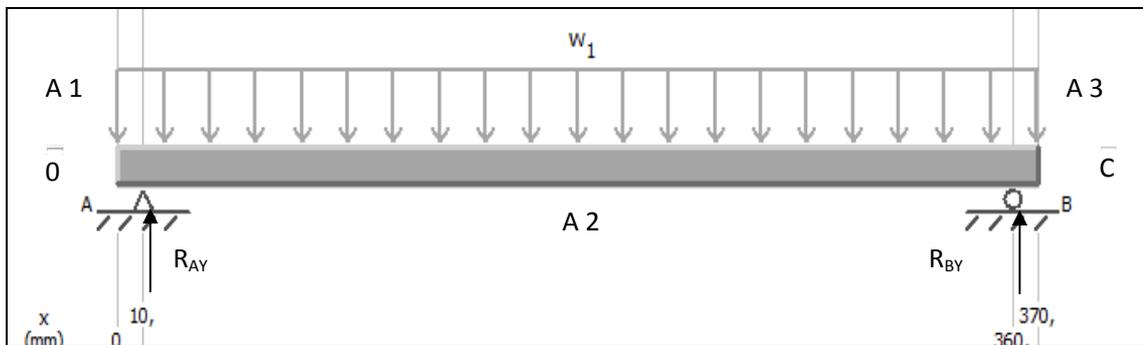


Figura 35. Reacciones que actúan sobre la Viga

Fuente: Ayo Carlos; MD Solids 4.0

$$A_1 = (W_1 * X_{0-A})$$

$$A_1 = (-0.4 \text{ N/mm})(10\text{mm})$$

$$A_1 = -4\text{N}$$

$$A_2 = (W_1 * X_{A-B})$$

$$A_2 = (-0,4 \text{ N/mm})(350\text{mm})$$

$$A_2 = -140\text{N}$$

$$A_3 = (W_1 * X_{B-C})$$

$$A_3 = (-0,4 \text{ N/mm})(10\text{mm})$$

$$A_3 = -4\text{N}$$

4.3.1.2 CÁLCULO DE ESFUERZOS CORTANTES

V_{0-0} = Esfuerzo cortante en el inicio de la viga.

$$V_{0-0} = 0 \text{ N}$$

V_{0-A} = Esfuerzo cortante en el tramo 0-A

$$V_{0-A} = 0 - 4$$

$$V_{0-A} = -4 \text{ N}$$

V_{A-A} = Esfuerzo cortante en el tramo A

$$V_{A-A} = -4 + 74$$

$$V_{A-A} = 70 \text{ N}$$

V_{A-B} = Esfuerzo cortante en el tramo A-B

$$V_{A-B} = 70 - 140$$

$$V_{A-B} = -70 \text{ N}$$

V_{B-B} = Esfuerzo cortante en el punto B

$$V_{B-B} = -70 + 74$$

$$V_{B-B} = 4 \text{ N}$$

V_{B-C} = Esfuerzo cortante en el tramo B-C

$$V_{B-C} = 4 - 4$$

$$V_{B-C} = 0 \text{ N}$$

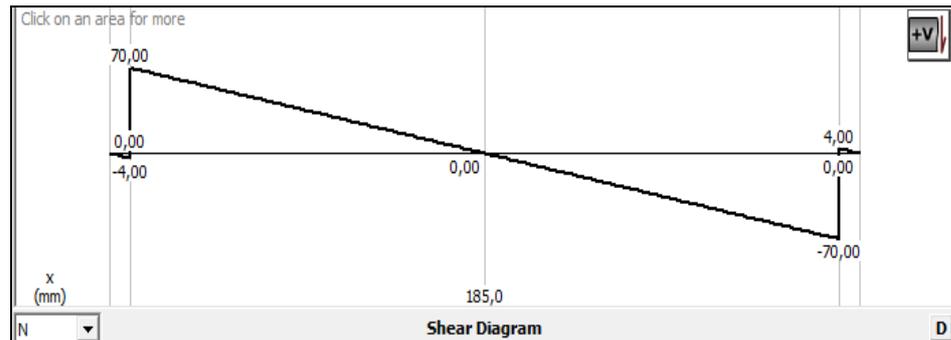


Figura 36. Diagrama de Fuerzas Cortantes

Fuente: Ayo Carlos; MD Solids 4.0.

4.3.1.3 CÁLCULO DEL MOMENTO FLECTOR

$$M_0 = 0$$

$$M_A = (-4\text{N})(10\text{mm}/2)$$

$$M_A = -20\text{Nmm} = -0.02\text{Nm}$$

$$M_{MÁX} = (-20\text{N}) + (70\text{N})(175\text{mm})/2$$

$$M_{MÁX} = 6105\text{Nmm} = 6.11\text{Nm}$$

$$M_B = 6105\text{Nmm} - (70\text{N})(175\text{mm})/2$$

$$M_B = -20\text{Nmm} = -0.02\text{Nm}$$

$$M_C = -20\text{Nmm} - (4\text{N/mm})(10\text{mm})/2$$

$$M_C = 0$$

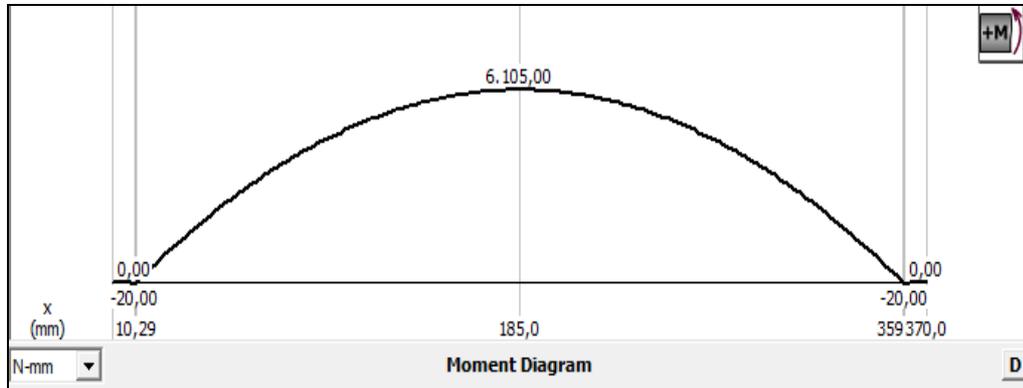


Figura 37. Diagrama de Momento Flector

Fuente: Ayo Carlos; MD Solids 4.0

Se puede ver que se tiene un momento máximo en la parte media de la longitud del perfil de 6105 Nmm o 6.11 Nm el cual utilizaremos para el cálculo del factor de seguridad para nuestro soporte de la bandeja.

4.3.1.4 CÁLCULO DE FACTOR DE SEGURIDAD

En nuestro caso vamos a considerar un perfil estructural Angulo de L25x25x2 para realizar para los cálculos de soporte de la bandeja.

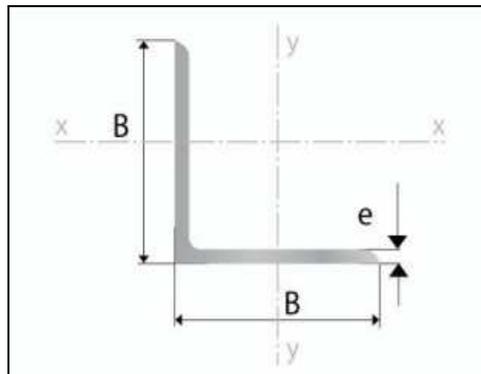


Figura 38. Sección Transversal Perfil Estructural (L 25x25x2)

Fuente: Catalogo IPAC;

Donde:

H = Altura del perfil = 25 mm

B = Base del perfil = 25 mm

e = Espesor del perfil = 2 mm

$$\sigma = \frac{M_c}{I} \quad (4.25)$$

Donde:

σ = Esfuerzo máximo; [MPa]

M = Momento máximo; [Nm]

I = Inercia; [m^4]

c = Distancia al punto más crítico de la sección; [m]

Basándonos en el catalogo de IPAC para perfiles estructurales encontramos el valor de la inercia y el valor de la distancia al punto más crítico en la sección.

$$\sigma = \frac{(6.11 \text{ Nm})(0.0761 \text{ m})}{5.7 \times 10^{-9} \text{ m}^4}$$

$$\sigma = 76.75 \text{ Mpa.}$$

Para el siguiente calculo tomaremos como factor de seguridad de 1.5 a 2.0 como recomienda la tabla 15 Factores de Seguridad para nuestro caso tomaremos el valor de 1.5 como el valor más crítico. Ya que se tiene conocimiento de las cargas, esfuerzos, y el material.

Tabla 20

Factores de seguridad.

	Conocimiento de las cargas	Conocimiento del esfuerzo	Conocimiento del entorno	Conocimiento del material	Factor de seguridad
1	Determinación precisa	Determinación precisa	Condiciones controlables	Muy conocido	1.25-1.5
2	Determinado fácilmente	Determinado fácilmente	Razonablemente constante	Muy conocido	1.5-2.0
3	Determinable	Determinable	Ordinario	Promedio	2.0-2.5
4	Promedio	Promedio	Promedio	Menos probado o frágil	2.5-3.0
5	Promedio	Promedio	Promedio	No probado	3.0-4.0
6	Incierto	Incierto	Incierto	Mejor conocido	3.0-4.0

Notas: Para cargas repetidas, el factor de seguridad se aplica a la resistencia a la fatiga. Para cargas de impacto, utilice los puntos del 3 al 6, pero incluya un factor de impacto. En materiales frágiles, cuando se emplee la resistencia última, use el doble los puntos del 1 al 6. Si se requieren factores mayores, refine sus análisis y ensayos.

Fuente: SHIGLEY J., MISCHKE Ch. Diseño en Ingeniería Mecánica

Dentro del diseño se puede determinar la resistencia a la fluencia del material basándose en el factor de seguridad de la siguiente manera:

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad (4.26)$$

Donde:

n = Factor de seguridad; [Adimensional]

S_y = Resistencia a la fluencia [Mpa]

σ = Esfuerzo máximo; [Mpa]

$$n := \frac{S_y}{\sigma}$$

$$S_y := 2 \cdot 76.75$$

$$S_y = 153.5 \quad \text{Mpa}$$

Tomando en cuenta que el acero A36 tiene un S_y de 250 Mpa y en el cálculo se requiere un material que tenga un S_y de 153.5 Mpa por lo tanto se selección un perfil de las siguientes características L25x25x2 en una acero A36 que soporta los requerimientos de nuestro diseño.

4.4 SELECCIÓN DE COMPONENTES Y MATERIALES

Una vez realizado el diseño térmico, como el diseño mecánico con sus cálculos correspondientes nos disponemos a la selección mediante la utilización de matrices de ponderación, para los diferentes materiales para desarrollo del sistema térmico apegándonos a nuestros requerimientos técnicos.

4.4.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO

Para realizar la selección del sistema de calentamiento se deben tomar en consideraciones los siguientes criterios.

- Portabilidad
- Menor Costo
- Temperatura de Funcionamiento (Mínima y Máxima).

Tabla 21

Factor de Ponderación (F.P.)

Factor de Ponderación					
	Portabilidad	Costo	Temperatura	Suma	F.P
Portabilidad		1,00	5,00	6,00	0,26
Costo	10,00		1,00	11,00	0,48
Temperatura	1,00	5,00		6,00	0,26
				23,00	1,00

A continuación se realizara la ponderación de cada uno de los criterios para realizar la selección del sistema de calentamiento.

La portabilidad

Tabla 22

Comparación de Opciones (Portabilidad)

Portabilidad					
	Mufla	Reverbero	Combustión	Suma	P.O
Mufla		5,00	10,00	15	0,70
Reverbero	5		0,10	5,1	0,24
Combustión	0,20	1		1,2	0,06
				21,3	1,00

El costo.

Tabla 23

Comparación de Opciones (Menor Costo)

Menor Costo					
	Mufla	Reverbero	Combustión	Suma	P.O
Mufla		1,00	10,00	11,00	0,60
Reverbero	5,00		1,00	6,00	0,33
Combustión	0,20	1,00		1,20	0,07
				18,20	1,00

La Temperatura.

Tabla 24

Comparación de Opciones (Temperatura)

Temperatura					
	Mufla	Reverbero	Combustión	Suma	P.O
Mufla		1,00	0,20	1,20	0,13
Reverbero	1,00		1,00	2,00	0,22
Combustión	5,00	1,00		6,00	0,65
				9,20	1,00

Tabla 25

Matriz final de Resultados

Matriz Final De Resultados							
	Portabilidad		Costo		Temperatura	Puntaje	
	F.P	x P.O	F.P	x P.O	F.P	x P.O	Final
Mufla	0,18		0,29		0,03		0,51
Reverbero	0,06		0,16		0,06		0,28
Combustión	0,01		0,03		0,17		0,22

Basándonos en la matriz de ponderación se puede constatar que la mejor opción para el sistema térmico es uno tipo Mufla ya que cuenta con un costo mínimo en comparación a las diferentes opciones además de que su temperatura de trabajo está en los rangos necesarios para nuestro estudio y su portabilidad es muy buena ya que se lo puede instalar en cualquier lugar e incluso se podría llevar a sitios de montaje.

4.4.2 SELECCIÓN DE MATERIALES PARA LA CÁMARA DE CALENTAMIENTO

Para la selección del material de su hogar o en su cámara de calentamiento se tiene la posibilidad de utilizar diferentes materiales tales como: tol galvanizado, acero inoxidable, tol negro, aluminio, entre otros materiales que no sufren variaciones máximas con la temperatura.

Se utilizara aluminio debido a que es excelente conductor térmico, adicionalmente es resistente, fácil de trabajar y maleable pero sobre que a una temperatura de 350° C la requerida en nuestros requerimientos técnicos (Norma AWS 5.1) no sobrepasa el punto de fusión del material, por lo tanto no sufrirá daños en su estructura la cual no implicara daños dentro del sistema térmico.

4.4.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE AISLANTE

Para la selección del aislante utilizado se va a tener muy en cuenta la cantidad de calor que se va suministrar dentro del hogar del horno para lo cual se tomara en cuenta los siguientes criterios.

- Temperatura de Trabajo.
- Conductividad
- Costo.

Tabla 26

Factor de Ponderación (F.P.)

Factor de Ponderación					
	Temperatura	Conduc.	Costo	Suma	F.P
Tempe Trabajo		1,00	0,20	1,20	0,07
Conductividad	1,00		0,10	1,10	0,06
Costo	5,00	10,00		15,00	0,87
				17,30	1,00

La temperatura de Trabajo.

Tabla 27

Comparación de Opciones (Temperatura de Trabajo)

Temperatura de Trabajo					
	Manta Cerámica	Fibra Vidrio	Refractario	Suma	P.O
Manta Cerámica		10,00	5,00	15,00	0,70
Fibra Vidrio	0,20		0,10	0,30	0,01
Refractario	5,00	1,00		6,00	0,28
				21,3	1,00

La conductividad

Tabla 28

Comparación de Opciones (Conductividad)

Conductividad					
	Manta Cerámica	Fibra Vidrio	Refractario	Suma	P.O
Manta Cerámica		5,00	1,00	6,00	0,49
Fibra Vidrio	0,20		0,10	0,30	0,02
Refractario	5,00	1,00		6,00	0,49
				12,30	1,00

El costo

Tabla 29

Comparación de Opciones (Costo)

Costo					
	Manta Cerámica	Fibra Vidrio	Refractario	Suma	P.O
Manta Cerámica		5,00	1,00	6,00	0,49
Fibra Vidrio	5,00		0,10	5,10	0,42
Refractario	1,00	0,10		1,10	0,09
				12,2	1,00

Tabla 30

Matriz final de Resultados

Matriz Final De Resultados				
	TempTraba	Conductividad	Costo	Puntaje
	F.P x P.O	F.P x P.O	F.P x P.O	Final
Manta Cerámica	0,05	0,03	0,43	0,51
Fibra Vidrio	0,00	0,00	0,36	0,36
Refractario	0,02	0,03	0,08	0,13

Se selecciono la manta cerámica ya que tiene la capacidad de soportar altas temperaturas de hasta 1260 °C adicionalmente debido a sus propiedades térmicas y su costo es muy utilizada en hornos industriales por lo que es un excelente aislante se la selecciono en un espesor de 1 pulgada debido a que se puede conseguir en bultos de 60 cm de ancho en el mercado local.

4.4.4 LADRILLOS REFRACTARIOS.

Para la selección de los ladrillos refractarios se tomara en consideración a la temperatura de trabajo del sistema térmico y las diferentes condiciones de fabricación del sistema térmico, por lo cual se selecciono ladrillos refractarios rectos U 33 de 9"x4 1/2"x2" de dimensiones además por su fácil adquisición en los proveedores del mercado local.

4.4.5 SELECCIÓN DE RESISTENCIA ELÉCTRICA PARA EL CALENTAMIENTO.

Para la selección de la resistencia eléctrica se tomara a consideración los siguientes criterios que los evaluaremos con ayuda de matrices de ponderación. Temperatura de Trabajo, Resistividad, Costo.

Tabla 31

Factor de Ponderación (F.P.)

Factor de Ponderación					
	Temp	Resistividad	Costo	Suma	F.P
Temp.Trabajo		5,00	1,00	6,00	0,23
Resistividad	0,20		5,00	5,20	0,20
Costo	5,00	10,00		15,00	0,57
				26,2	1,00

Tabla 32

Comparación de Opciones (Temperatura de Trabajo)

Temperatura de Trabajo					
	Ni-Cr	Fe-Cr-Al	Otros Mate	Suma	P.O
Ni-Cr		5,00	1,00	6,00	0,45
Fe-Cr-Al	5,00		1,00	6,00	0,45
Otros Mate	1,00	0,20		1,20	0,09
				13,2	1,00

Tabla 33

Comparación de Opciones (Resistividad)

Resistividad					
	Ni-Cr	Fe-Cr-Al	Otros Mate	Suma	P.O
Ni-Cr		5,00	1,00	6,00	0,81
Fe-Cr-Al	1,00		0,10	1,10	0,15
Otros Mate	0,20	0,10		0,30	0,04
				7,4	1,00

Tabla 34

Comparación de Opciones (Costo)

Costo					
	Ni-Cr	Fe-Cr-Al	Otros Mate	Suma	P.O
Ni-Cr		10,00	1,00	11,00	0,67
Fe-Cr-Al	5,00		0,10	5,10	0,31
Otros Mate	0,20	0,10		0,30	0,02
				16,4	1,00

Tabla 35**Matriz final de Resultados**

Matriz Final De Resultados							
	Temp Traba		Resistividad		Costo	Puntaje	
	F.P	x P.O	F.P	x P.O	F.P	x P.O	Final
Ni-Cr	0,10		0,16		0,38		0,65
Fe-Cr-Al	0,10		0,03		0,18		0,31
Otros Mate	0,02		0,01		0,01		0,04

Para la selección de resistencia eléctrica basándonos a los cálculos realizados necesitaremos una resistencia eléctrica que sea de gran rendimiento y tenga buena vida útil, así como también sea fácil de adquirir en el mercado local y satisfaga las condiciones de potencia requeridas, en este caso se encontraron un par de resistencias eléctricas de 1000 Watts cada una con lo que adaptándolas en forma paralela se obtuvo el valor calculado de 2000 Watts.

4.5 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION

Para la selección del sistema de automatización se deberá verificar que cumpla los requerimientos para el proyecto se tomaran en cuenta los siguientes parámetros:

- Temperatura a ser Controlada (Mínima y Máxima).
- Tiempo de calentamiento de los electrodos.
- La facilidad de programación de los parámetros a ser controlados.

4.5.1 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE CONTROL.

Para la selección del sistema de automatización se deberá ponderar los siguientes criterios que a continuación se los mencionan, Precio, Tamaño, Precisión, Software, Programación.

Tabla 36

Factor de Ponderación (F.P.)

	Precio	Tamaño	Precisión	Software	Progra	Suma	F.P
Precio		5,00	1,00	1,00	10,00	15,00	0,29
Tamaño	0,20		5,00	1,00	10,00	10,20	0,20
Precisión	5,00	0,10		1,00	0,20	5,30	0,10
Software	5,00	0,20	1,00		1,00	6,20	0,12
Program	10,00	5,00	5,00	1,00		15,00	0,29
						51,70	1,00

Tabla 37

Comparación de Opciones (Menor precio)

Menor Precio						
	PLC	PIC	PC Ind	Control Tem	Suma	P.O
PLC		0,10	0,50	1,00	1,60	0,05
PIC	5,00		1,00	0,10	6,10	0,20
PC Indus	5,00	1,00		1,00	7,00	0,23
Control Tem	10,00	5,00	1		16,00	0,52
					30,70	1,00

Tabla 38

Comparación de Opciones (Tamaño)

Tamaño						
	PLC	PIC	PC Ind	Control Tem	Suma	P.O
PLC		10,00	1,00	0,20	11,20	0,38
PIC	5,00		1,00	0,10	6,10	0,21
PC Indus	1,00	0,20		0,10	1,30	0,04
Control Tem	5,00	1,00	5,00		11,00	0,37
					29,60	1,00

Tabla 39

Comparación de Opciones (Precisión)

Precisión						
	PLC	PIC	PC Ind	Control Tem	Suma	P.O
PLC		10,00	1,00	5,00	16,00	0,40
PIC	10,00		0,20	0,10	10,30	0,26
PC Indus	1,00	5,00		1,00	7,00	0,17
Control Tem	1,00	5,00	1,00		7,00	0,17
					40,30	1,00

Tabla 40

Comparación de Opciones (Software)

Software						
	PLC	PIC	PC Ind	Control Tem	Suma	P.O
PLC		0,10	0,50	1,00	1,60	0,05
PIC	5,00		1,00	0,10	6,10	0,20
PC Indus	5,00	1,00		1,00	7,00	0,23
Control Tem	10,00	5,00	1,00		16,00	0,52
					30,70	1,00

Tabla 41

Comparación de Opciones (Programación)

Programación						
	PLC	PIC	PC Ind	Control Tem	Suma	P.O
PLC		0,10	0,50	1,00	1,60	0,05
PIC	5,00		1,00	0,10	6,10	0,20
PC Indus	5,00	1,00		1,00	7,00	0,23
Control Tem	10,00	5,00	1,00		16,00	0,52
					30,70	1,00

Tabla 42

Matriz final de Resultados

Matriz Final De Resultados						
	Precio	Tamaño	Precisión	Software	Progra	Puntaje
PLC	0,02	0,07	0,04	0,01	0,02	0,13
PIC	0,06	0,04	0,03	0,02	0,06	0,12
PC Indus	0,07	0,01	0,02	0,03	0,07	0,09
Control Te	0,15	0,07	0,02	0,06	0,15	0,24

Por lo cual se selecciono como dispositivo de control un control de temperatura REX C700 con un rango de temperatura hasta 500°C, el cual tiene un precio medianamente cómodo, su programación es muy fácil, y su precisión es la requerida para el sistema que se construirá.

4.5.2 SELECCIÓN DEL SENSOR DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA.

Para la selección del sensor de temperatura tomaremos en cuenta la temperatura de trabajo del sistema la cual es de 350 °C. Con lo cual se va a seleccionar la Termocuplas tipo K ya que esta se encuentra diseñada para trabajar con temperaturas hasta de 1260 °C y por cumplir con los requerimientos técnicos.

4.5.3 SELECCIÓN DE TEMPORIZADOR.

El Micro controlador de temperatura que utilizaremos para la implementación del sistema de control de horno incluye un temporizador adecuado para la realización de mantenimiento y calentamiento de electrodos.

4.5.4 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.

Entre los sistemas de control tenemos los de lazo abierto y lazo cerrado en el caso del presente proyecto se enfoca el de lazo cerrado.

El sistema de control que se emplea en un horno es un sistema de control de lazo cerrado, ya que en él las señales de salida y de entrada están relacionadas mediante un bucle de realimentación, a través del cual la señal de salida influye sobre la de entrada. De esta forma, la señal de salida tiene efecto sobre la acción de control.

Por tanto, los sistemas de control en lazo cerrado son capaces de controlar en cada momento lo que ocurre a la salida del sistema, y modificarlo si es necesario. De esta manera, el sistema es capaz de funcionar por sí solo de forma automática y cíclica, sin necesidad de intervención humana.

4.6 ELABORACION DE PLANOS

Para la selección del sistema de control que cumpla los requerimientos para el proyecto se tomaran en cuenta los siguientes parámetros:

4.6.1 PLANOS DE CONJUNTO.

Ver en Anexos D.

4.6.2 PLANOS DE TALLER.

Ver en Anexos D.

CAPITULO 5

CONSTRUCCION, EMSAMBLE Y PRUEBAS DE EXPERIMENTACION

5.1 CONSTRUCCION

Para la construcción del sistema térmico se tomará en cuenta las consideraciones mencionadas en el capítulo anterior. (Diseño y Selección).

5.1.1 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CÁMARA DE CALENTAMIENTO

El sistema de Calentamiento para el manejo y almacenamiento de consumibles será diseñado en base a los requerimientos, necesidades solicitudes realizadas por la empresa. Esto implica que el sistema estará sujeto a los diferentes procesos de fabricación existentes dentro del Área de la División Industrial, tomando en cuenta la disponibilidad de espacio físico dentro de las instalaciones de la Empresa sean estas áreas de bodega central y/o bodegas de herramientas de la división industrial.

A continuación se realizará el detalle del procedimiento de la construcción de las partes que conforman la estructura de la cámara de calentamiento. El material para la fabricación de estas partes será realizado en aluminio liso de 1.5 milímetros de espesor.

Las principales partes de la cámara de calentamiento tienen las siguientes dimensiones.

Tabla 43 Plancha para Cámara de Calentamiento.**Plancha para Cámara de Calentamiento.**

PLANCHAS PARA CÁMARA DE CALENTAMIENTO			
Ord	Materiales	Dimensiones	Cantidades
1	Aluminio Liso e=1.5mm	1251x397x1.5	1
2	Aluminio Liso e=1.5mm	590x396x1.5	2
3	Aluminio Liso e=1.5mm	152x370x1.5	9
4	Aluminio Liso e=1.5mm	65x370x1.5	6

**PROCEDIMIENTO PARA CONSTRUCCIÓN DE CÁMARA DE CALENTAMIENTO
PARTE CENTRAL**

- En la plancha de dimensiones 1251x397x1.5 se procedió a realizar el dobléz a 90 ° a una longitud de 25 mm en uno de sus lados de la plancha.
- Luego se procederá a realizar un nuevo dobléz de 90° a una distancia de 49 mm con lo cual se obtiene el ala de un extremo de la plancha.
- Se realizara el dobléz de la parte que conforma una de la pared de la cámara de calentamiento a 90 ° y una distancia de 400 mm.
- Se realizara el dobléz de 300mm para conformar la pared posterior del la cámara de calentamiento igual a 90°
- Por último se realizo el dobléz de 400 mm a 90 ° con lo cual se obtiene la otra pared que conforma la cámara de calentamiento.
- Luego se realiza el dobléz hacia la parte de afuera de la parte más angosta en las paredes de 48 mm de longitud a un ángulo de 90° en ambos lados la cual servirán para asegurar la parte superior e inferior de la cámara de Calentamiento.
- Para finalizar se realizará el dobléz de 25 y 49mm igual que los pasos 1 y 2 respectivamente.

- En la figura se observa la cámara de calentamiento conformado.



Figura 39. Cámara de Calentamiento Central.

PROCEDIMIENTO PARA CONSTRUCCIÓN DE CÁMARA DE CALENTAMIENTO PARTE SUPERIOR Y INFERIOR

- En la plancha de dimensiones 590x396x1.5 se procedió a realizar los dobles a 90 ° a una longitud de 20 mm en uno de sus lados.
- Luego se procederá a realizar un nuevo dobles de 90° a una distancia de 50 mm con lo cual se obtiene el ala de un extremo de la plancha.
- Se realiza el dobles de la parte que conforma la pared superior de la cámara de calentamiento a 90 ° y una distancia de 448 mm.
- Se repite los pasos 1 y 2 para conformar el ala del otro extremo.
- Se realiza este procedimiento para obtener la carcasa superior e inferior que conforman el hogar del sistema.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCCIÓN DE ÁNGULOS SOPORTE PARA BANDEJAS.

- En la plancha de dimensiones 370x65x1.5 se procederá a realizar los dobles a 90 ° a una longitud de 10 mm en uno de sus lados.
- Luego se procederá a realizar un nuevo dobles de 90° a una distancia de 30 mm con lo cual se obtiene el ala de un extremo de la plancha.

- Se realizara un dobléz a 90° a un distancia de 35mm con el cual obtenemos el perfil deseado
- Finalmente se realizara el corte de los filos vivos de los perfiles.

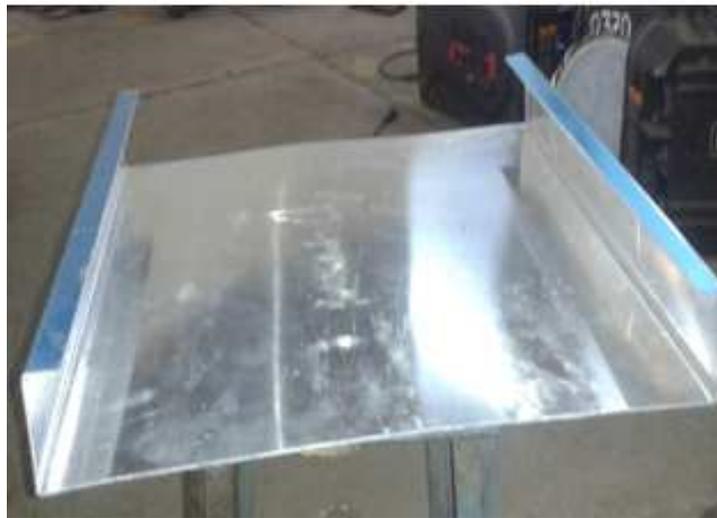


Figura 40. Cámara de Calentamiento Superior.



Figura 41. Ángulos Soporte Bandejas.

PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAMBLE DE LA CÁMARA DE CALENTAMIENTO

Una vez construidas las partes que conforman la Cámara de Calentamiento se procede al ensamble de acuerdo al siguiente procedimiento que a continuación se detalla.

- Se toman la parte central y superior para poder realizar el centrado y dimensionamiento del hogar con ayuda de flexometro y playos de presión.
- Se realiza la medición y el marcaje a 25mm separado de cada lado para la realización de perforaciones tanto en la parte superior como en la parte inferior.
- Se realiza las perforaciones en los dos lados de 400mm de distancia se realizo 6 perforaciones y en un solo lado de 300 mm de distancia se realizo 5 perforaciones con una broca de diámetro 5/32" tanto en parte superior e inferior que conforman la cámara de calentamiento.
- Se realizo la colocación de remaches pop de 5/32" tanto en la parte superior e inferior de la cámara de calentamiento. Obteniendo la estructura armada que a continuación se observa.
- Se procederá a la colocación de ángulos soporte de las bandejas con ayuda de remaches pop 5/32"
- Por último se procede a colocar la manta cerámica dentro de cada elemento que conforman la cámara de calentamiento.



Figura 42. Cámara de Calentamiento Ensamblada

PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BANDEJAS

- En este procedimiento se va a realizar la construcción de 3 bandejas conformadas por 3 bandejas pequeñas.
- Antes de proceder al doblado se realizara el corte de las puntas con un radio de 15 mm para eliminar los filos vivos de las planchas que conformaran las bandejas.
- Se utilizara la plancha de dimensiones 152x370x1.5 donde se realizara los dobles a 90 ° a una longitud de 30 mm en uno de sus lados.
- Luego se procederá a realizar un nuevo dobles de 90° a una distancia de 92 mm con lo cual se obtiene la base de la bandejas.
- Se realiza el dobles de la otra ala que conforma la bandeja a una distancia de 30 mm y un ángulo de 90 °.
- Se realizara perforaciones para unir las bandejas con ayuda de remaches pop de 5/32"
- Finalmente se realizara perforaciones de diámetro 10 mm en la base de la bandeja para que el calor pueda circular por todo el hogar del horno.



Figura 43. Bandejas.

5.1.2 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA CARCASA DEL SISTEMA TÉRMICO.

Para la fabricación de la estructura de la carcasa del sistema térmico se lo realizara acero galvanizado de espesor de 1.2 mm por tratarse de un material que es muy fácil de manipular y resistente para este tipo de estructuras.

Tabla 44

Planchas Carcasa Sistema Térmico.

Planchas para Estructura Carcasa Sistema Térmico			
Ord	Materiales	Dimensiones	Cantidades
1	Acero Galvanizado	1662x445x1.2	1
2	Acero Galvanizado	415x455x1.2	1

PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARCASA EXTERIOR

- Para realizar la fabricación de este elemento se utilizara la plancha de dimensiones 1662x455x1.2 y se procederá a realizar el doblado de 180° a una longitud de 20 mm en los extremos más largos para eliminar los filos vivos que pudieran existir.
- Luego se realiza los dobles a 90 ° a una distancia de 415 mm en uno de los extremos de la planchas.
- Para proseguir con la fabricación se realizara el dobles a 90° a una distancia de 405 mm a continuación de los dobleces anteriores.
- Para la finalización de la fabricación repetiremos los pasos 3 y 4 respectivamente.
- Para la colocación de la tapa posterior se realizara 4 perforaciones de diámetro 5 mm a una separación de 30 mm de cada lado.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCCIÓN DE TAPA POSTERIOR DE LA CARCASA EXTERIOR

- Para la construcción de la tapa posterior se utilizara la plancha de dimensiones 415x455x1.2

- En la cual se procederá a realizar el doblado de 90° a una longitud de 20 mm en los dos extremos que tienen como medida de 415 mm.
- Para el ensamble de la tapa posterior y la carcasa exterior se realizara perforaciones de 5 mm de diámetro.



Figura 44. Carcasa Exterior



Figura 45. Carcasa Exterior Tapa Posterior

5.1.3 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA QUE CONFORMA LA PUERTA DEL SISTEMA TÉRMICO.

Para la fabricación de la estructura de la Puerta del Sistema se utilizara tol galvanizado de 1.2 de espesor para lo cual se va a realizar el corte del siguiente material que a continuación de detalla en la tabla.

Tabla 45

Planchas Puerta Sistema Térmico

Planchas para Estructura Puerta Sistema Térmico			
Ord	Materiales	Dimensiones	Cantidades
1	Acero Galvanizado	405x136x1.5	2
2	Acero Galvanizado	415x135x1.5	2
3	Acero Galvanizado	411x96x1.5	2
4	Acero Galvanizado	421x96x1.5	2

PROCEDIMIENTO CONSTRUCCIÓN DE PUERTA PARA EL SISTEMA TÉRMICO.

- Con las placas de dimensiones 405x136x1.5 y 415x135x1.5 procedemos a realizar el trazado y marcaje para proceder a realizar el corte del perfil.
- Realizaremos los primeros dobles a 90 ° a 25 mm en el extremo que contiene el lado sin ningún tipo de corte.
- Luego procedemos a realizar un dobles a 60° a 23mm de dimensión.
- Se procede a realizar un dobles de 30° para la finalización de perfil de la puerta.
- Para las demás placas se procederá utilizando el mismo procedimiento que la primera.
- Para la realización del ensamble para el marco de la puerta se utilizara suelda para formar un solo cuerpo.
- Con los perfiles de dimensiones 411x96x1.5 y 421x96x1.5 mm procedemos a realizar un dobles de 90° a mm en uno de sus extremos.
- A continuación procedemos a realizar un corte a 45° en sus dos extremos el procedimiento se repite con las demás placas.

- Se procede a realizar el ensamble de los perfiles de la puerta exterior hasta formar el marco siguiente.
- Se colocara vidrio templado de 6 milímetros de espesor con ayuda de empaques y sellante térmico.
- Por último se colocara una manilla en la parte frontal de la puerta para evitar quemaduras y un fácil acceso al contenido del horno.

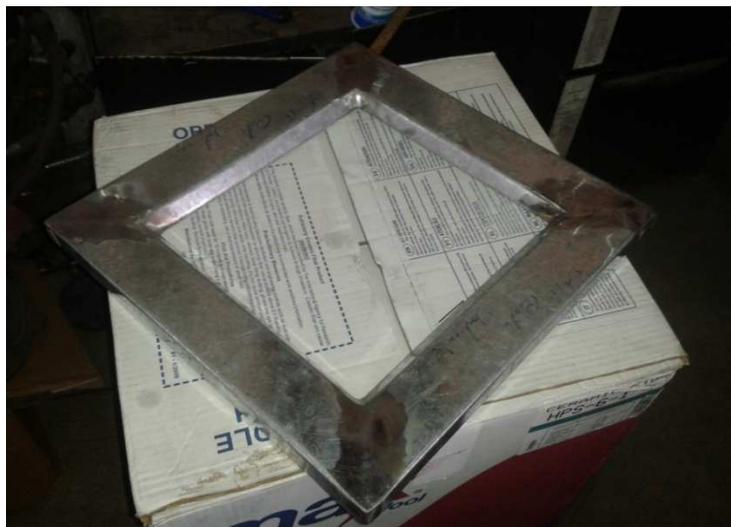


Figura 46. Carcasa Exterior Tapa Posterior

5.2 ENSAMBLE DEL SISTEMA TERMICO

En el ensamble del sistema térmico una vez que se han realizado la construcción de los diferentes elementos como la cámara de calentamiento, las bandejas, la Puerta y la carcasa Exterior procederemos a ensamble de cada uno de estos aplicando los siguientes procedimientos que a continuación se detalla.

5.2.1 ENSAMBLE DE LAS PARTES DEL SISTEMA TÉRMICO

El sistema térmico se encuentra conformado por tres partes principales las cuales son el la cámara de calentamiento, la carcasa exterior, y la caja donde se instalara el sistema de control. Para realizar el ensamble de estas partes procederemos a seguir el siguiente procedimiento propuesto.

PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAMBLE DEL SISTEMA TÉRMICO.

- En la Cámara de Calentamiento y en la Carcasa Exterior se realizara el ensamble utilizando tornillos avellanados para sujetar las 2 estructuras.
- Una vez armada la cámara de Calentamiento se instalara el ladrillo refractario con las respectivas resistencias para su posterior conexión con el circuito de potencia.
- Colocaremos las tres bandejas en cada uno de sus lugares instalados dentro del hogar del sistema de Calentamiento.
- Realizaremos la colocación de la puerta con ayuda de bisagras tanto en la parte superior e inferior.
- Para finalizar realizaremos la colocación de la caja que contendrá el sistema de control del horno.



Figura 47. Ensamble del sistema Termico

5.2.2 ENSAMBLE DEL CIRCUITO DE POTENCIA

El circuito de potencia sistema térmico se encuentra conformado por dos resistencia de 1000 Watts cada una que se encuentran conectadas de serie para conseguir un potencia de 2000 Watts requerida en el diseño que es necesaria para realizar la recuperación y mantenimiento de los consumibles para el proceso de soldadura SMAW.

PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN DEL CIRCUITO DE POTENCIA

- Realizaremos el diagrama esquemático de circuito de potencia para realizar un listado de todos los componentes eléctricos que lo conforma.

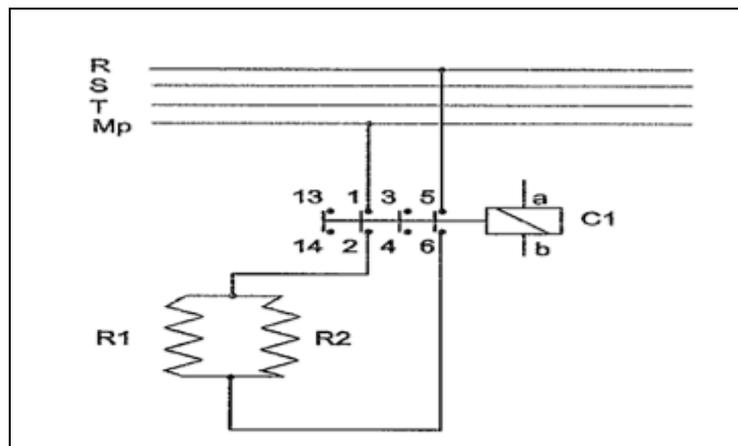


Figura 48. Circuito de Potencia Sistema Térmico.

- Una vez realizado el diagrama se procederá a imprimir el diagrama para colocar todos los componentes de circuito de potencia.
- A través de un conector se introduce el voltaje de alimentación trifásica AC en este caso de luego de pasar por un Breaker de 3 polos de 40 amp. el cual sirve como protección de las resistencias en caso de variaciones de voltaje.
- Se instalarán las dos resistencias de 1000 Watts de potencia cada una en un circuito en serie por medio de bornas hacia el breaker.

5.2.3 ENSAMBLE DEL SISTEMA DE CONTROL

PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAMBLE DEL SISTEMA CONTROL.

- Luego de haber instalado el circuito de potencia procedemos a instalar el sistema de Control para lo cual realizaremos un diagrama para listar todos los materiales que vamos a utilizar.
- Una vez listo el Diagrama procedemos a imprimirlo y a colocar todos los elementos en cada uno de sus respectivos lugares

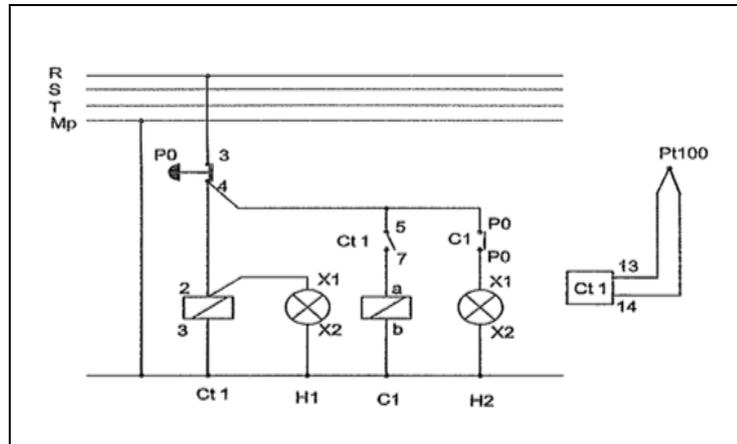


Figura 49. Circuito del Sistema de Control



Figura 50. Circuito del Sistema de Control

- A través de un conector se introduce voltaje (110 V – AC) a continuación pasa por un contacto on/off, luego pasa por un breaker el cual servirá como protección para las resistencias.
- Seguidamente se conectarán a los puertos 1 y 2 del Controlador de temperatura las líneas de voltaje.

- A continuación se Conecta en el puerto 4 del controlador de temperatura una bobina 110/1250 Vac la cual enviara la señal al contactor de 3 polos NA (control de fuerza)
- Se conectan a los puertos 19 y 20 respectivamente del controlador de temperatura una Termocuplas tipo K, la cual realizar el envió de la señal de entrada.

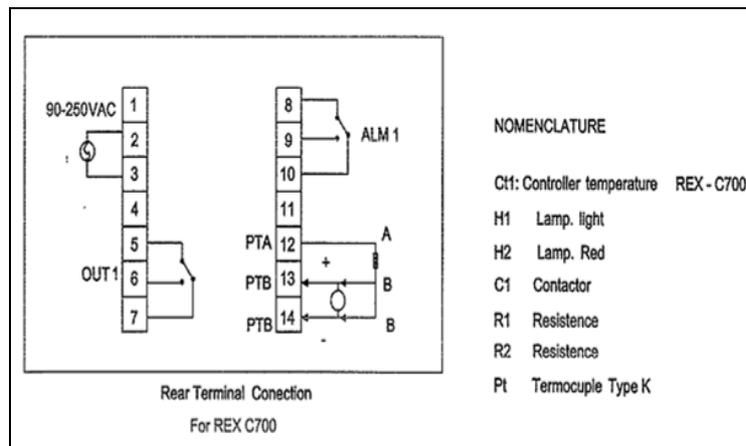


Figura 51. Circuito de Conexión del Control de Temperatura



Figura 52. Circuito de Conexión del Control de Temperatura

5.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Una vez culminado los trabajos de fabricación del Sistema Térmico se procede a la experimentación o pruebas de funcionamiento del dispositivo para verificar su correcto funcionamiento y proceder con la puesta en marcha en el área de Producción. A continuación se va a realizar las siguientes pruebas de Recuperación y Mantenimiento de consumibles (electrodos) E7018, E6011 basándonos en las recomendaciones que la norma AWS A5.1-81 nos da para estos tipos de electrodos más usados por la empresa Santa Barbará y distribuidos por la Empresa LINDE AGA.

5.3.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO PARA RECUPERACIÓN DE ELECTRODOS

Se tomará 1 kg de electrodo (E7018, E6011) con la cual simularemos un caso extremo de humedad en el cual se procede mojar a los electrodos por un lapso de 10 minutos y dejar en reposo por un tiempo hasta que se elimine toda el agua. Luego se procederá a la recuperación del electrodo en el sistema térmico tomando las recomendaciones del la norma AWS A5.1-81.

a.- TOMA DE DATOS PARA LA RECUPERACIÓN DEL ELECTRODO E7018

En esta prueba se tomará en cuenta las recomendaciones de las normas AWS A5.1-81. (Ver Anexo E).

La norma recomienda que para un electrodo E7018 la humedad debe ser del 50% y para realizar la recuperación de este es necesario calentar el electrodo a 350°C por un lapso 2 horas.

Se tomará 1 kg de electrodo E7018 con una muestra de 28 unidades. Para realizar las pruebas de recuperación de electrodos se procede a realiza tomas de peso por cada 30 minutos del tiempo de calentamiento hasta llegar a los 120 minutos requeridos por la norma. En la tabla se presentan los datos obtenidos.

Tabla 46

Recuperación de electrodo E7018 a Temperatura 350°

Electrodo E7018 Temperatura de 350°C					
Muestra	Peso (Kg) 0 Min	Peso (Kg) 30 Min	Peso (Kg) 60 Min	Peso (Kg) 90 Min	Peso (Kg) 120 Min
1	0,0371	0,0356	0,0348	0,0345	0,0341
2	0,0372	0,0355	0,0349	0,0345	0,0342
3	0,0371	0,0356	0,0349	0,0344	0,0343
4	0,0371	0,0355	0,0349	0,0344	0,0341
5	0,0373	0,0356	0,0349	0,0344	0,0341
6	0,0374	0,0355	0,0349	0,0345	0,0342
7	0,0372	0,0355	0,0348	0,0344	0,0342
8	0,037	0,0355	0,0349	0,0345	0,0342
9	0,0372	0,0356	0,0348	0,0345	0,0341
10	0,0371	0,0355	0,0347	0,0344	0,0342
11	0,0369	0,0356	0,0347	0,0344	0,0341
12	0,0375	0,0356	0,0348	0,0344	0,0343
13	0,0373	0,0355	0,0347	0,0345	0,0342
14	0,0375	0,0355	0,0347	0,0344	0,0342
15	0,037	0,0355	0,0347	0,0345	0,0341
16	0,0373	0,0355	0,0347	0,0346	0,0343
17	0,0369	0,0355	0,0349	0,0345	0,0341
18	0,0375	0,0355	0,0349	0,0344	0,0341
19	0,0373	0,0355	0,0348	0,0344	0,0341
20	0,0372	0,0355	0,0348	0,0346	0,0342
21	0,0373	0,0356	0,0348	0,0344	0,0341
22	0,0374	0,0355	0,0348	0,0344	0,0341
23	0,0371	0,0355	0,0348	0,0345	0,0342
24	0,0372	0,0356	0,0347	0,0345	0,0342
25	0,0377	0,0356	0,0349	0,0346	0,0341
26	0,0373	0,0356	0,0347	0,0346	0,0342
27	0,0371	0,0355	0,0348	0,0344	0,0341
28	0,0371	0,0356	0,0348	0,0346	0,0341
Promedio	0,0372	0,0355	0,0348	0,0345	0,0342

Tabla 47

Recuperación de electrodo E7018 a Temperatura 350°

Recuperación de Electrodo E7018 a 350°C			
Humedad (%)	Humedad % Recomendada	Tiempo (min)	Promedio
1,00	0,5	0	0,037225
0,80	0,5	30	0,035539
0,66	0,5	60	0,034804
0,56	0,5	90	0,034471
0,51	0,5	120	0,034161

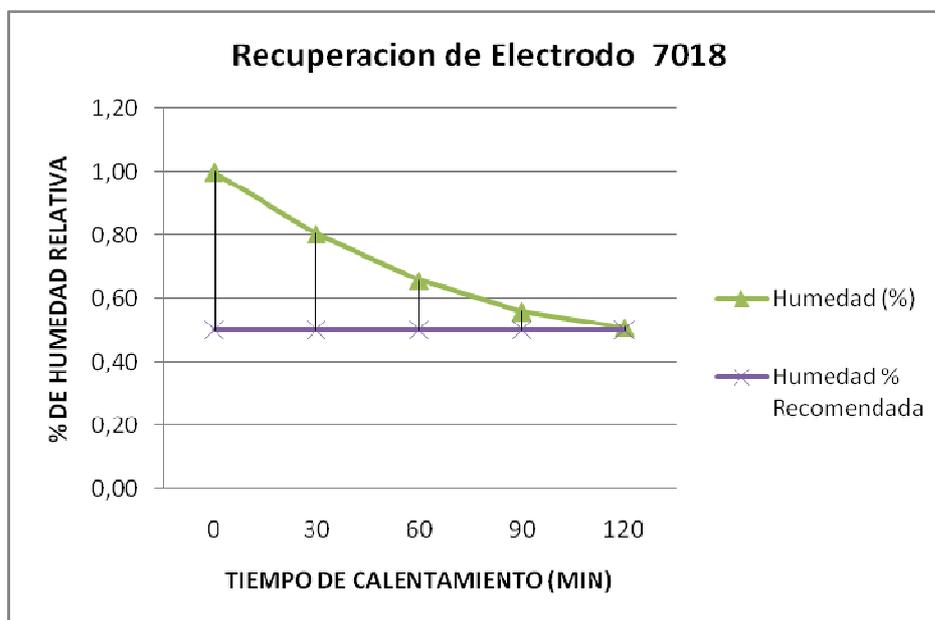


Figura 53. Recuperación de Electrodo 7018 a 350°C.

RESULTADOS OBTENIDOS

Como se puede observar en la tabla se tomó los datos del peso húmedo de la muestra del electrodo E7018 por el lapso de 2 horas por periodos de 30 minutos cada uno obteniendo los siguientes datos:

- 100% de humedad relativa a 0 minutos de calentamiento,
- 80% de humedad a 30 minutos de calentamiento,
- 66% de humedad relativa a 60 minutos de calentamiento,
- 56% de humedad relativa a 90 minutos de calentamiento y
- 51% de humedad a 120 minutos de calentamiento.

Con estos datos se puede observar que en la figura 50 al aumentar el tiempo de calentamiento dentro del sistema térmico el contenido de la humedad relativa de los electrodos E7018 se reduce hasta acercarse al 50% de humedad relativa recomendada por la norma AWS A5.1-81.

Con lo antes expuesto podemos concluir que para recuperar el electrodo E7018 es necesario calentar éste a una temperatura de 350°C por un tiempo de exposición dentro del sistema térmico de 2 horas o 120 minutos, con lo cual se podrá recuperar las características propias del electrodo.

b.- TOMA DE DATOS PARA LA RECUPERACIÓN DEL ELECTRODO E6011

En esta prueba se tomará en cuenta las recomendaciones de las normas AWS A5.1-81. (Ver Anexo E).

La norma recomienda que para un electrodo E6011 no se recomienda ser secados en el horno pero para fines investigativos se realizara el calentamiento del este electrodo.

Se tomará 1 kg de electrodo E6011 con una muestra de 28 unidades. Para realizar las pruebas de recuperación de electrodos se procede a realizar tomas de peso para 0, 10, 20, 40, 60 minutos de calentamiento hasta llegar a los niveles de humedad recomendada. En la tabla se presentan los datos obtenidos.

Tabla 48.

Recuperación de electrodo E6011 a Temperatura 100°C

Electrodo E6011 Temperatura de 100°C					
Muestra	Peso (Kg) 0 Min	Peso (Kg) 10 Min	Peso (Kg) 20 Min	Peso (Kg) 40 Min	Peso (Kg) 60 Min
1	0,0271	0,0266	0,0265	0,0264	0,0263
2	0,0272	0,0266	0,0265	0,0263	0,0263
3	0,0271	0,0266	0,0266	0,0262	0,0264
4	0,0272	0,0265	0,0266	0,0264	0,0264
5	0,0272	0,0265	0,0266	0,0264	0,0262
6	0,0272	0,0266	0,0266	0,0264	0,0263
7	0,0272	0,0266	0,0266	0,0264	0,0264
8	0,0271	0,0265	0,0265	0,0264	0,0263
9	0,0272	0,0266	0,0265	0,0263	0,0263
10	0,0272	0,0265	0,0265	0,0263	0,0262
11	0,0271	0,0266	0,0265	0,0263	0,0264
12	0,0272	0,0266	0,0265	0,0263	0,0262
13	0,0273	0,0266	0,0265	0,0263	0,0262
14	0,0272	0,0266	0,0265	0,0263	0,0263
15	0,0272	0,0266	0,0266	0,0263	0,0263
16	0,0272	0,0266	0,0265	0,0264	0,0262
17	0,0272	0,0266	0,0266	0,0263	0,0262
18	0,0272	0,0266	0,0266	0,0263	0,0263
19	0,0272	0,0267	0,0265	0,0263	0,0262
20	0,0272	0,0266	0,0265	0,0264	0,0264
21	0,0272	0,0265	0,0265	0,0264	0,0262
22	0,0273	0,0266	0,0266	0,0262	0,0263
23	0,0272	0,0265	0,0265	0,0264	0,0263
24	0,0272	0,0267	0,0266	0,0264	0,0262
25	0,0271	0,0265	0,0265	0,0263	0,0263
26	0,0272	0,0266	0,0266	0,0262	0,0264
27	0,0272	0,0267	0,0266	0,0262	0,0264
28	0,0273	0,0265	0,0265	0,0263	0,0262
Promedio	0,0272	0,0266	0,0265	0,0263	0,0263

Tabla 49.

Recuperación de electrodo E6011 a Temperatura 100°

Recuperación de Electrodo E6011 a 100°C			
Humedad (%)	Humedad % Recomendada	Tiempo (min)	Promedio
1,00	0,5	0	0,026921
0,65	0,5	10	0,026408
0,63	0,5	20	0,026376
0,52	0,5	40	0,026189
0,50	0,5	60	0,026159

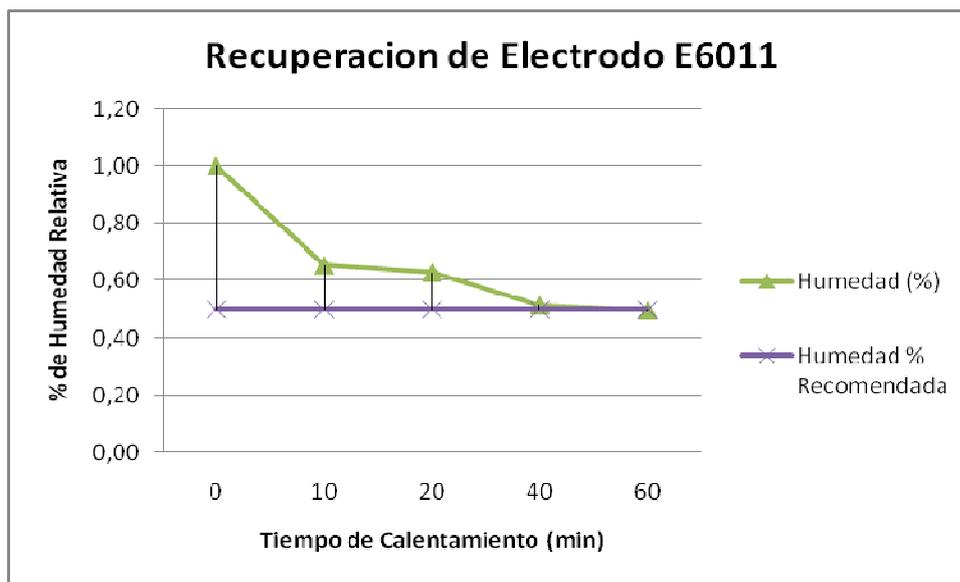


Figura 54. Recuperación de Electrodo 6011 a 100°C.

RESULTADOS OBTENIDOS

Como se puede observar en la tabla se tomó los datos del peso húmedo de la muestra del electrodo E6011 por el lapso de 1 hora en tiempos de calentamiento de 0, 10, 20, 40, 60 minutos obteniendo los siguientes datos:

- 100% de humedad relativa a 0 minutos de calentamiento,
- 65% de humedad a 10 minutos de calentamiento,
- 63% de humedad relativa a 20 minutos de calentamiento,
- 52% de humedad relativa a 40 minutos de calentamiento y
- 50% de humedad a 60 minutos de calentamiento.

Con estos datos se puede observar que en la figura 54 al aumentar el tiempo de calentamiento dentro del sistema térmico el contenido de la humedad relativa de los electrodos E6011 se reduce hasta acercarse al 50% de humedad relativa recomendada por la norma AWS A5.1-81.

Con lo antes expuesto podemos concluir que para recuperar el electrodo E6011 es necesario calentar este a una temperatura de 100°C por un tiempo de exposición dentro del sistema térmico de 1 hora o 60 minutos con lo cual se podrá recuperar las características propias del electrodo. Cabe recalcar que la norma no recomienda el secado de estos electrodos por medio de hornos.

5.3.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO PARA MANTENIMIENTO DE ELECTRODOS

Se tomará 1 kg de electrodo (E7018, E6011) y se los dejara a la intemperie por el lapso de 2 horas con el fin de captar humedad y podremos realizar el mantenimiento de estos. Luego se procederá a la mantención del electrodo en el sistema térmico tomando las recomendaciones del la norma AWS A5.1-81.

a.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO PARA MANTENIMIENTO DE ELECTRODO 7018

En esta prueba se tomará en cuenta las recomendaciones de las normas AWS A5.1-81 (Ver Anexo E).

Se realizará tomas del peso de los electrodos a una temperatura de 70 °C por el tiempo de calentamiento de una 1 hora en intervalos de 0, 10, 30, 45, 60 minutos requeridos por la norma. En la tabla se presentan los datos obtenidos.

Tabla 50.

Mantenimiento de electrodo E7018 a Temperatura 70° C

Electrodo E7018 Temperatura de 70°C					
Muestra	Peso (Kg) 0 Min	Peso (Kg) 10 Min	Peso (Kg) 30 Min	Peso (Kg) 45 Min	Peso (Kg) 60 Min
1	0,0366	0,0349	0,0346	0,0345	0,0345
2	0,036	0,0348	0,0346	0,0346	0,0345
3	0,0362	0,0349	0,0346	0,0345	0,0345
4	0,0362	0,0348	0,0347	0,0346	0,0345
5	0,0363	0,0348	0,0347	0,0345	0,0345
6	0,0361	0,0347	0,0347	0,0346	0,0345
7	0,0365	0,0347	0,0346	0,0346	0,0344
8	0,0363	0,0348	0,0347	0,0346	0,0345
9	0,0362	0,0348	0,0346	0,0346	0,0345
10	0,0364	0,0348	0,0346	0,0345	0,0345
11	0,0362	0,0347	0,0346	0,0346	0,0344
12	0,0362	0,0347	0,0347	0,0345	0,0345
13	0,0367	0,0349	0,0347	0,0345	0,0345
14	0,0367	0,0349	0,0347	0,0345	0,0345
15	0,0363	0,0349	0,0347	0,0345	0,0344
16	0,0363	0,0349	0,0345	0,0345	0,0345
17	0,0365	0,0349	0,0346	0,0345	0,0345
18	0,0362	0,0348	0,0346	0,0346	0,0344
19	0,0366	0,0348	0,0347	0,0345	0,0345
20	0,0363	0,0348	0,0347	0,0345	0,0345
21	0,0362	0,0348	0,0347	0,0345	0,0345
22	0,0367	0,0348	0,0347	0,0345	0,0344
23	0,0363	0,0348	0,0347	0,0345	0,0345
24	0,0366	0,0348	0,0347	0,0345	0,0345
25	0,0362	0,0347	0,0345	0,0346	0,0344
26	0,0365	0,0347	0,0346	0,0346	0,0344
27	0,0364	0,0348	0,0346	0,0344	0,0345
28	0,0363	0,0348	0,0345	0,0346	0,0344
Promedio	0,03636	0,03480	0,03464	0,03454	0,03447

Tabla 51.

Mantenimiento de electrodo E7018 a Temperatura 70°.

Mantenimiento de Electrodo E7018 a 70°C			
Humedad (%)	Humedad % Recomendada	Tiempo (min)	Promedio
0,76	0,5	0	0,036357
0,56	0,5	10	0,034804
0,54	0,5	30	0,034639
0,52	0,5	45	0,034536
0,51	0,5	60	0,034471

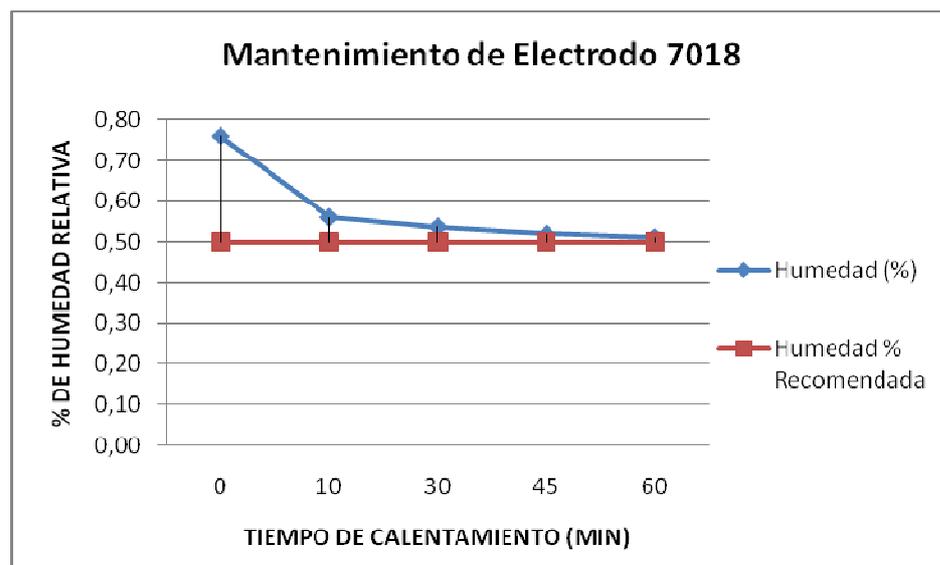


Figura 55. Mantenimiento de Electrodo 7018 a 70°C

Resultados Obtenidos

Como se puede observar en la tabla se tomó los datos del peso húmedo de la muestra del electrodo E7018 por el lapso de 1 hora en tiempos de calentamiento de: 0, 10, 30, 45, 60 minutos obteniendo los siguientes datos:

- 76% de humedad a 0 minutos o lo que es lo mismo el estar expuesto por 2 horas a la intemperie,
- 56% de humedad a un tiempo de calentamiento de 10 minutos,
- 54% de humedad relativa a un tiempo de calentamiento de 30 minutos,
- 52% de humedad relativa a un tiempo de 45 minutos de calentamiento y
- 51% de humedad a un tiempo de 60 minutos de tiempo de calentamiento.

Con estos datos se puede observar que en la figura 55 al aumentar el tiempo de calentamiento dentro del sistema térmico el contenido de la humedad relativa de los electrodos E7018 se reduce hasta acercarse al 50% de humedad relativa recomendada por la norma AWS A5.1-81.

Con lo antes expuesto podemos concluir que para mantener en perfecto estado del electrodo E7018 es necesario calentar éste a una temperatura de 70°C por un tiempo de exposición dentro del sistema térmico de 1 hora o 60 minutos con lo cual se puede certificar su perfecto estado para su posterior trabajo.

b.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO PARA MANTENIMIENTO DE ELECTRODO E6011

En esta prueba se tomará en cuenta las recomendaciones de las normas AWS A5.1-81 (Ver Anexo E).

La norma recomienda que para un electrodo E6011 no sea necesario mantener en almacenamiento dentro de un sistema térmico pero tratarse de un trabajo de investigación se realizara la toma de datos para el electrodo E6011 para la prueba de mantenimiento.

Se realizará tomas del peso de los electrodos a una temperatura de 100 °C por el tiempo de calentamiento de una 1 hora en intervalos de 0, 10, 30, 45, 60 minutos requeridos por la norma. En la tabla se presentan los datos obtenidos.

Tabla 52.

Mantenimiento de electrodo E6011 a Temperatura 100° C

Electrodo E6011 Temperatura de 100°C					
Muestra	Peso (Kg) 0 Min	Peso (Kg) 10 Min	Peso (Kg) 30 Min	Peso (Kg) 45 Min	Peso (Kg) 60 Min
1	0,0265	0,0265	0,0263	0,0263	0,0262
2	0,0266	0,0264	0,0263	0,0263	0,0263
3	0,0264	0,0264	0,0264	0,0262	0,0262
4	0,0264	0,0264	0,0263	0,0262	0,0262
5	0,0265	0,0264	0,0265	0,0262	0,0262
6	0,0263	0,0265	0,0264	0,0263	0,0262
7	0,0264	0,0264	0,0263	0,0262	0,0262
8	0,0266	0,0263	0,0264	0,0263	0,0263
9	0,0263	0,0265	0,0263	0,0263	0,0263
10	0,0265	0,0265	0,0263	0,0262	0,0262
11	0,0264	0,0264	0,0264	0,0262	0,0262
12	0,0265	0,0265	0,0263	0,0262	0,0262
13	0,0265	0,0265	0,0263	0,0262	0,0262
14	0,0266	0,0264	0,0264	0,0263	0,0263
15	0,0266	0,0263	0,0264	0,0263	0,0263
16	0,0265	0,0265	0,0264	0,0262	0,0262
17	0,0265	0,0264	0,0264	0,0262	0,0262
18	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263
19	0,0265	0,0265	0,0264	0,0262	0,0262
20	0,0264	0,0266	0,0264	0,0262	0,0263
21	0,0265	0,0264	0,0264	0,0262	0,0262
22	0,0265	0,0263	0,0263	0,0262	0,0263
23	0,0263	0,0265	0,0263	0,0262	0,0263
24	0,0265	0,0264	0,0264	0,0262	0,0262
25	0,0266	0,0265	0,0263	0,0263	0,0263
26	0,0264	0,0264	0,0264	0,0262	0,0262
27	0,0264	0,0264	0,0264	0,0263	0,0262
28	0,0265	0,0263	0,0263	0,0262	0,0262
Promedio	0,0265	0,0264	0,0264	0,0262	0,0262

Tabla 53.

Mantenimiento de electrodo E6011 a Temperatura 100 °C

Mantenimiento de Electrodo E6011 a 100°C			
Humedad (%)	Humedad % Recomendada	Tiempo (min)	Promedio
0,56	0,5	0	0,026316
0,54	0,5	10	0,026282
0,54	0,5	20	0,026215
0,52	0,5	45	0,026099
0,48	0,5	60	0,026110

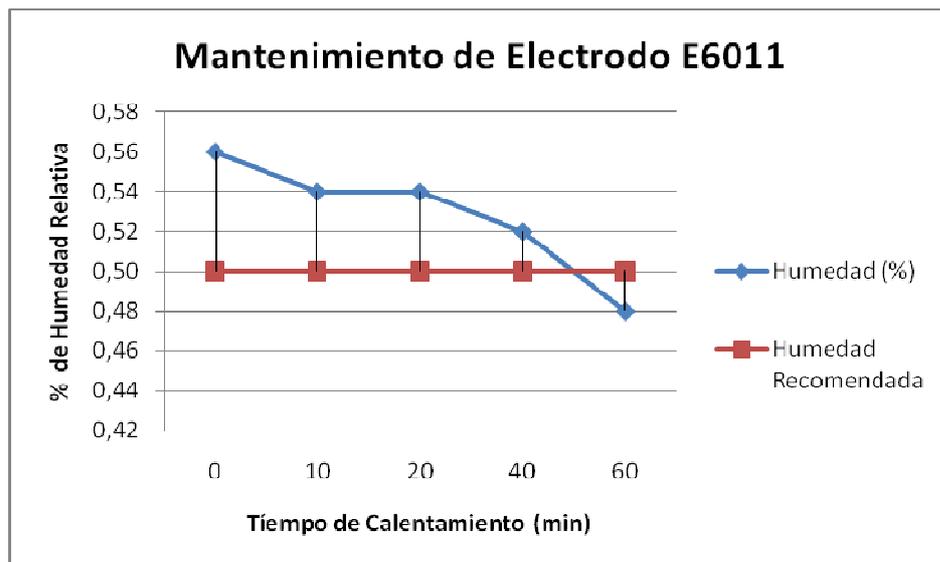


Figura 56. Figura de mantenimiento de Electrodo E6011 a 100 °C

Resultados Obtenidos

Como se puede observar en la tabla se tomó los datos del peso húmedo de la muestra del electrodo E6011 por el lapso de 1 hora en tiempos de calentamiento de: 0, 10, 30, 45, 60 minutos obteniendo los siguientes datos:

- 56% de humedad a 0 minutos o lo que es lo mismo el estar expuesto por 2 horas a la intemperie,
- 54% de humedad a un tiempo de calentamiento de 10 minutos,
- 54% de humedad relativa a un tiempo de calentamiento de 30 minutos,
- 52% de humedad relativa a un tiempo de 45 minutos de calentamiento y
- 48% de humedad a un tiempo de 60 minutos de tiempo de calentamiento.

Con estos datos se puede observar que en la figura 53 al aumentar el tiempo de calentamiento dentro del sistema térmico el contenido de la humedad relativa de los electrodos E6011 se reduce hasta acercarse al 48% de humedad relativa recomendada por la norma AWS A5.1-81.

Con lo antes expuesto podemos concluir que el electrodo E6011 no absorbe tanta humedad como se puede ver en la figura y al exponer a esta temperatura y a este tiempo de calentamiento se puede notar que comienza a observarse fisuras en el recubrimiento del electrodo.

5.3.2 PRUEBAS DE SOLDADURA CON ELECTRODO DEFECTUOSO.

En esta prueba se va a realizar la soldadura de probetas con electrodos defectuosos, para luego ser sometidos a pruebas de Ensayos No Destructivos (END). Como Inspección Visual y Tintas Penetrantes con la finalidad de identificar posibles defectos producidos por estos.

a.- PRUEBAS DE SOLDADURA DE ELECTRODO E6011 Y 7018 (CASO ELECTRODO HÚMEDO)

Esta prueba se lo realizará a una junta de penetración completa (CJP) en las probetas de 150x150x10 mm en acero A36 para luego realizar la soldadura de las probetas con el electrodo húmedo (defectuoso) E 7018 y E6011.



Figura 57. Probeta Electrodo 7018 Húmedo.



Figura 58. Probeta Electrodo 6011 Húmedo.

b.- PRUEBAS DE SOLDADURA DE ELECTRODO E6011 Y 7018 (CASO ELECTRODO EXPUESTO POR 2 DÍAS A LA INTEMPERIE)

Esta prueba se lo realizará a una junta de penetración completa (CJP) en probetas de 150x150x10 mm en acero A36 para luego realizar la soldadura de las probetas con el electrodo expuesto 2 días en la intemperie E7018 y E6011.



Figura 59. Probeta Electrodo 7018 (2 días a la Intemperie)



Figura 60. Probeta Electrodo 6011 (2 días a la Intemperie)

c.- PRUEBAS DE SOLDADURA DE ELECTRODO E6011 Y 7018 (CASO ELECTRODO EXPUESTO POR 8 HORAS A LA INTEMPERIE)

Esta prueba se lo realizará a una junta de penetración completa (CJP) en probetas de 150x150x10 mm en acero A36 para luego realizar la soldadura de las probetas con el electrodo expuesto 8 horas en la intemperie E7018 y E6011.



Figura 61. Probeta Electrodo 7018 (8 horas a la Intemperie)



Figura 62. Probeta Electrodo 6011 (8 horas a la Intemperie)

RESULTADOS OBTENIDOS

En los resultados de inspección visual y de Tintas Penetrantes (Ver Anexo F) se puede identificar que existen los diferentes defectos de soldadura en cuyos reportes se puede identificar el tipo de defecto sus dimensiones y su incidencia en la calidad de la soldadura.

En las Probetas E6011 H y E7018H (Electrodo que se encuentra húmedo), se puede identificar que existe escoria retenida, cráteres, mordeduras, Baja soldadura, Falta de Fusión y la existencia de poros, basados en la norma AWS D1.1 criterios de aceptación se toma la decisión rechazar estas probetas (Ver Anexo F).

En las Probetas E6011 2Dy E7018 2D (Electrodo expuesto a la intemperie por 2 días) en estas probetas se puede identificar los siguientes defectos cráteres, Baja soldadura, Falta de Fusión y la existencia de mordeduras, basados en la norma AWS D1.1 criterios de aceptación se toma la decisión rechazar estas probetas (Ver Anexo F).

En las Probetas E6011 8H y E7018 8 H (Electrodo expuesto a la intemperie por 8 horas) en estas probetas se puede identificar los siguientes defectos cráteres mordeduras, Baja soldadura, Falta de Fusión y la existencia de poros, basados en la norma AWS D1.1 criterios de aceptación se toma la decisión rechazar estas probetas (Ver Anexo F).

Con lo antes expuesto anteriormente podemos concluir que unas de las principales causas de los defectos de soldadura es la humedad, además que existe una marcada baja rata de deposición de los electrodos.

5.3.3 PRUEBAS DE SOLDADURA CON ELECTRODO RECUPERADO Y MANTENIDO EN EL SISTEMA TÉRMICO.

Esta prueba se lo va a realizar la soldadura de probetas con electrodo en perfectas condiciones para luego ser sometidas a pruebas de Ensayos no Destructivos (END) Inspección Visual y Tintas penetrantes con lo cual podremos identificar los diferentes defectos producidos por estos

a.- PRUEBAS DE SOLDADURA DE ELECTRODO E6011 Y 7018 (CASO ELECTRODO SACADO DEL ENVASE)

Esta prueba se lo realizará a una junta de penetración completa (CJP) en las probetas de 150x150x10 mm en acero A36 para luego realizar la soldadura de las probetas con el electrodo extraído de su envase sellado E 7018 y E6011.



Figura 63. Probeta Electrodo 7018 Envase.

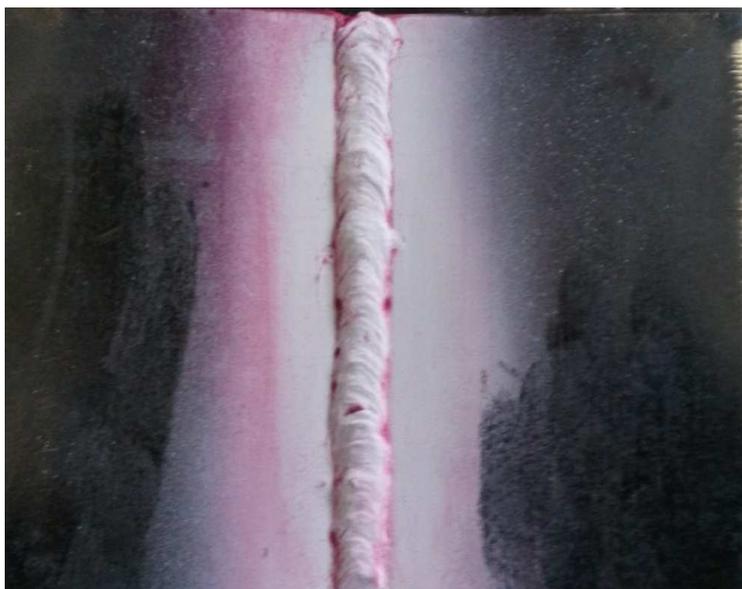


Figura 64. Probeta Electrodo 6011 Envase.

b.- PRUEBAS DE SOLDADURA DE ELECTRODO E6011 Y 7018 (CASO ELECTRODO RECUPERADO)

Esta prueba se lo realizará a una junta de penetración completa (CJP) en las probetas de 150x150x10 mm en acero A36 para luego realizar la soldadura de las probetas con el electrodo recuperado E 7018 y E6011.



Figura 65. Probeta Electrodo 7018 Recuperado.



Figura 66. Probeta Electrodo 6011 Recuperado.

c.- PRUEBAS DE SOLDADURA DE ELECTRODO E6011 Y 7018 (CASO ELECTRODO MANTENIDO)

Esta prueba se lo realizará a una junta de penetración completa (CJP) en las probetas de 150x150x10 mm en acero A36 para luego realizar la soldadura de las probetas con el electrodo mantenido en sistema térmico E 7018 y E6011.



Figura 67. Probeta Electrodo 7018 Mantenido.



Figura 68. Probeta Electrodo 6011 Mantenido.

RESULTADOS OBTENIDOS

En los resultados de inspección visual y de Tintas Penetrantes (Ver Anexo F) se puede observar que no existen defectos de soldadura o que los mismos son mínimos que pueden ser producidos por el soldador en cuyos reportes se puede identificar el tipo de defecto sus dimensiones y su incidencia en la calidad de la soldadura.

En las Probetas E6011 E y E7018 E (Electrodo que se encuentra sacado de su envase), se puede identificar que existe pequeños defectos que son insignificantes y que bajo la norma AWS D1.1 criterios de aceptación se toma la decisión aceptar estas probetas ya que presentan un buen aspecto y además de unas buenas ratas de deposición.

En las Probetas E6011 1H y E7018 1H (Electrodo que se encuentra mantenido por el lapso de 1 hora) en estas probetas se puede identificar que no existe defectos las probetas tienen una buena presentación y las ratas de deposición son muy, basados en la norma AWS D1.1 criterios de aceptación se toma la decisión aceptar las probetas.

En las Probetas E6011 2H y E7018 2H (Electrodo que se encuentra mantenido por el lapso de 2 hora) en estas probetas se puede identificar que no existe defectos las probetas tienen una buena presentación y las ratas de deposición son muy, basados en la norma AWS D1.1 criterios de aceptación se toma la decisión aceptar las probetas.

Con lo antes expuesto anteriormente podemos concluir que con ayuda de un perfecto manejo y almacenamiento de los consumibles además de un sistema térmico que cumpla con los requerimientos térmicos de la norma AWS A5.1-81. Se puede lograr minimizar en gran medida los defectos de las soldadura provocados por la humedad además que existe una alta rata de deposición de los electrodos y una fácil manipulación por parte de los soldadores.

5.4 ELABORACION MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Para el correcto funcionamiento del sistema de calentamiento se realizará un manual de operaciones con el fin de proveer un documento escrito que permita a los encargados de bodega disponer de un procedimiento para el mantenimiento o la recuperación de electrodos.

Además se proveerá de un manual de mantenimiento que permitirá a los técnicos del área de mantenimiento y a los operadores del área de bodega mantenimientos correctivos y preventivos respectivamente.

5.4.1 MANUAL DE OPERACIÓN.

- Coordinar la cantidad de Consumibles a ser introducidos en el sistema.
- Seleccionar el tipo de electrodo que va ser recuperado y mantenido.
- Determinar la operación que se va a realizar (mantenimiento o recuperación de Electroodos)
- Determinar las temperaturas y tiempos de calentamiento para introducirlas en el control de temperatura
- Colocar los consumibles en el interior del horno.
- Encender el sistema térmico para realizar la recuperación o mantenimiento del consumible.
- Al llegar a la temperatura requerida para la operación solicitada este se apagará automáticamente.

5.4.2 MANUAL DE MANTENIMIENTO.

ANTES DE INICIAR EL FUNCIONAMIENTO

- Realizar una inspección en toda la estructura y conexiones eléctricas verificando que no existe daños mayores.
- Verificar la cámara de calentamiento si no existe consumibles sobrantes y que se encuentre en perfecto estado.

- Comprobar el estado de funcionamiento del controlador de temperatura PID y demás dispositivos eléctricos.

DURANTE EL FUNCIONAMIENTO.

- Realizar un control visual continuo durante el funcionamiento del horno
- Verificar que las resistencias se encuentren en sus correspondientes lugares Ladrillo refractarios.
- Controlar que la temperatura no sobrepase los límites introducidos en el control de Temperatura antes de de iniciar el funcionamiento.

DESPUÉS DEL FUNCIONAMIENTO

- Desconectar las líneas de alimentación del Sistema Térmico.
- Limpieza de la cámara de calentamiento.
- Limpieza del Panel de Control.
- Verificar que no se encuentre sobrante de los consumibles en las bandejas del sistema Térmico.

Estas recomendaciones son para que opere en perfectas condiciones cada vez que se lo utilice. Con el fin de extender la vida útil del sistema se recomienda realizar un mantenimiento mensual o trimestral.

- Verificación que la cámara de calentamiento y las bandejas no sufran daños en su estructura.
- Limpieza del los componentes que conforman el Sistema de Control.
- Verificación y limpieza de la Termocuplas para no obtener datos erróneos de temperaturas.
- Limpieza de la cámara de calentamiento.
- Limpieza del Panel de Control.
- Verificar que no se encuentre sobrante de los consumibles en las bandejas del sistema Térmico

CAPITULO 6

IMPLEMENTACION DEL PROCESO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES SMAW PARA LA DIVISION INDUSTRIAL

6.1 PROCESO PROPUESTO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO ESTANDARIZADO DE CONSUMIBLES.

Esta propuesta describe las condiciones y los requerimientos para la recepción, secado, almacenamiento y manipulación de los consumibles para el proceso de soldadura SMAW durante la ejecución de Estructuras Soldadas dentro del taller de la División Industrial de la Empresa Santa Barbará E.P.

6.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PROPUESTO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES EN EL PROCESO DE SOLDADURA SMAW.

El proceso inicia con el cálculo del electrodo que se requiere para realizar el proyecto contratado por el cual el departamento de Ingeniería realiza la solicitud del pedido hacia la bodega central donde se encuentra la totalidad del consumible almacenado para la producción.

Bodega central recibe el pedido y lo procesa verificando el stock de los tipos de electrodos que está solicitando el departamento de Ingeniería. Este despacha el pedido hacia la bodega de maquinas y herramienta del Área de La División Industrial.

El Bodeguero de la división industrial retira el pedido solicitado y este es transportado y Almacenado en estanterías de la bodega de división Industrial en sus empaques sellados correctamente a una temperatura y humedad controlada.

Los operadores solicitan los consumibles los cuales podrán ser entregados directamente de sus empaques originales siempre y cuando se encuentren correctamente sellados caso contrario deberán ser entregados del sistema Térmico que los contienen en condiciones optimas para realizar los trabajos de soldadura sin defectos.

El bodeguero del área de la división industrial recibe el pedido solicitado por los operadores y despacha cantidades que no superen una jornada superior a las cuatro horas o de acuerdo a las necesidades de los trabajos encomendados a cada operador, sean estos (corte, armado o soldadura). Aquí se lleva un registro de las cantidades que se entregan a cada uno de los operadores.

Los operadores retiran los consumibles que pueden ser almacenados en el mismo empaque, ya dentro del proceso de producción para su posterior utilización en los trabajos a realizarse siempre y cuando estos no se encuentre por un lapso de tiempo de 4 horas directamente expuestos al ambiente. Si esto ocurre los consumibles deben ser entregados al bodeguero para proceder a realizar el cambio por nuevos electrodos y los entregados ingresar al secado por el lapso de 2 horas a una temperatura de 350 °C para su posterior distribución.

6.1.2 ACTUADORES Y RESPONSABILIDADES EN EL PROCESO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES SMAW PROPUESTO.

RESPONSABLE DE LA DIVISIÓN INDUSTRIAL.

Es el responsable de la implementación de este proceso dentro de las instalaciones del Área de la División Industrial, entregar los recursos necesarios para ejecutar las actividades de acuerdo a especificaciones técnicas requeridas en este proceso e incentivar las conductas de trabajo seguro.

JEFE DE PRODUCCIÓN Y RESIDENTE DE OBRA

Es la persona o las personas que son responsables de la revisión, implementación y difusión de este proceso a su personal y de verificar que este se cumpla de acuerdo a las normas y especificaciones requeridas por parte del área de ingeniería como las del cliente. Son responsables de coordinar los trabajos programados entre las diferentes áreas evitando interferencias entre los procesos de fabricación. Son responsables de programar los trabajos en vela de buena ejecución de la obra, documentar toda condición de calidad, seguridad y medioambiente detectada durante la ejecución de los distintos procesos de fabricación.

SUPERVISOR

El supervisor o supervisores son responsables de aplicar las disposiciones de este proceso, así mismo, son responsables de vigilar que el personal realice las actividades encomendadas con la calidad requerida. Son responsables de programar las actividades delegadas por sus superiores y entregar al departamento de calidad los protocolos de las actividades realizadas en planta como en campo. Son responsables de comunicar toda condición subestándar detectada en los procesos de ejecución de la obra e incentivar las conductas seguras de trabajo.

PERSONAL DEL DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD

Es responsabilidad de verificar la correcta aplicación de éste proceso, mediante los protocolos realizados dentro del área de la división industrial. Es responsable de hacer seguimiento a los procesos dentro de la planta industrial y administrativo, de tal forma de asegurar el cumplimiento de los requerimientos de las normas de calidad de la empresa y las especificaciones técnicas del cliente.

PERSONAL DEL DEPARTAMENTO DE SALUD SEGURIDAD Y AMBIENTE

Es responsable de verificar que se cumpla y se documente lo indicado en los programas de seguridad y de protección al medio ambiente establecidos en el proceso a ser implementado en el área de la División Industrial.

PERSONAL DE BODEGA

Son las personas son responsables de recibir, despachar, y coordinar los diferentes pedidos de los consumibles a ser utilizados en el proceso constructivo. Basados en los requerimientos y especificaciones solicitados por parte del supervisor y el jefe de Área.

TODO EL PERSONAL (AYUDANTES, CORTADORES, ARMADORES, SOLDADORES)

Es responsabilidad de todo el personal cumplir las instrucciones de su supervisor directo, ejecutar el trabajo con calidad, cumplir con los estándares de seguridad y protección al medio ambiente establecidos dentro del proceso de manejo y almacenamiento estandarizado de consumibles.

6.1.3 DIAGRAMA DEL PROCESO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES SMAW PROPUESTO.

Ver Anexo G.

6.1.4 PROCEDIMIENTO PROPUESTO DEL PROCESO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES SMAW.**ALMACENAMIENTO**

- Los materiales consumibles se almacenaran en un lugar o recinto con temperatura y humedad controlada.(Humedad máxima 50%, temperatura entre 20 a 60 °C)

- La altura máxima de acopio de cartones de los consumibles no debe exceder 6 unidades.
- Se debe tomar las precauciones necesarias para que los lotes antiguos se utilicen antes que los nuevos.
- Todos los materiales (consumibles) se tienen que almacenar en un cuarto limpio y seco que esté libre de polvo y con suficiente ventilación.
- Siempre que se transporte material Consumibles de soldadura, se debe tener mucho cuidado que el empaque del material no sufra daños.
- La disposición de los embalajes será bien determinada, de modo de evitar confusiones en el momento de la abertura de los mismos, es decir tener identificado cada paquete, y el lugar que ocupa el recinto.
- Los guantes y maquinaria que manipule los consumibles deberán estar libres de grasas.

SECADO.

- Esta fase del proceso se lo realizara en el Área de Bodega de Maquinas Herramientas de la División Industrial. Por parte del Encargado de Bodega las cuales el secado del electrodo revestido se debe hacerse siempre de acuerdo a recomendaciones de los fabricantes de los consumibles o basando las recomendaciones que nos dicta la norma.
- Sólo se secará la cantidad de consumibles que puedan posteriormente ser colocados en el sistema Térmico.
- Los electrodos sueltos que permanezcan más de 4 horas fuera de la condición de
- mantención en el sistema térmico deberán ser secados de acuerdo a recomendaciones de los fabricantes de los consumibles o basando las recomendaciones que nos dicta la norma.
- No se superará la temperatura ni tiempo de tratamiento. Tampoco podrán efectuarse más de 3 secados.

- No se secarán electrodos mediante llama o sometiéndolos a cortocircuitos.

MANTENCIÓN.

- Esta fase del proceso se lo realizara el Área de Bodega de Maquinas Herramientas de la División Industrial. Los electrodos revestidos, luego de secarlos, se colocarán dispositivos de mantenimiento y conservados a temperatura adecuada hasta su despacho para uso.
- Los consumibles de soldadura, en general, deben portar la identificación, que indica su clasificación de acuerdo a la Norma AWS, Colada o lote, diámetro y nombre comercial.
- En el caso en que no existan indicaciones precisas del proveedor del electrodo, éstos se mantendrán en estufas bajo las siguientes condiciones:

Electrodos Ferriticos celulósicos: no se mantienen, sí en el recinto climatizado. Electrodo Ferritico básico e inoxidable martensiticos: Entre 70 y 120 °C.

ALMACENAJE DURANTE EL USO EN FABRICACIÓN.

- Los electrodos celulósicos, rútilicos o varillas desnudas podrán transportarse en su propio envase o en otro apropiado no calefaccionado, pero que lo proteja de humedad y contaminación.
- El soldador y su ayudante que manipulen los electrodos o varillas, lo harán con guantes libres de grasas para evitar contaminaciones.
- Todos los electrodos defectuosos por humedad, grasa, pintura, etc. Deben ser descartados y botados a la basura, con la finalidad de que no puedan ser usados.
- Los electrodos retornarán a la condición de mantención al final de cada turno.

- La cantidad de electrodos que se requiriera por vez será suficiente para 4 horas de faena como máximo. De este modo se podrá ajustar al máximo la cantidad de electrodos que retorna al sistema de mantención.
- Los electrodos que retornan a la estufa de mantención permanecerán al menos 2 horas, antes de ser utilizados.

DESPACHO Y RETORNO DE CONSUMIBLES.

- El despacho de electrodos será controlado evitándose entregar más material del que el soldador pueda emplear en 4 horas de faena.
- No se entregará a un mismo soldador electrodos o consumibles de diferentes calidades.
- Todos los electrodos básicos retornarán a la estufa de mantenimiento.
- Para consumibles que retornen sea al sistema térmico o a las estanterías habrá un sistema de acopio que asegure que estos materiales estarán en la próxima entrega de ese producto. (Naranjo, 2011)

6.2 IMPLEMENTACION DEL PROCESO PROPUESTO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CONSUMIBLES SMAW.

En la implementación del proceso se realizara la socialización tanto del personal operativo como del personal administrativo para que todas las personas de las áreas involucradas tengan conocimiento del proceso y procedimiento a seguir y además del seguimiento del buen funcionamiento en las diferentes fases del proceso de manejo y almacenamiento de consumibles SMAW.

6.2.1 FASE DE ALMACENAMIENTO

En esta fase de almacenamiento se instruirá al señor o los señores encargados de bodega el proceso y procedimiento para un almacenamiento optimo de los consumibles para el proceso SMAW.



Figura 69. Almacenamiento de Consumibles



Figura 70. Toma de Humedad Relativa

6.2.2 FASE DE SECADO O RECUPERACIÓN.

En esta parte del proceso se instruirá en la utilización del Sistema Térmico al operador para que este pueda manipular el sistema y pueda distribuir los diferentes consumibles a cada una de las áreas productivas.



Figura 71. Mantenimiento de Consumibles



Figura 72. Recuperación de Consumibles

6.2.3 FASE DE PRODUCCIÓN

En esta fase se dará a conocer a cada uno de los operadores sobre las recomendaciones para el uso y manejo de los consumibles del proceso de soldadura SMAW en la fase de producción



Figura 73. Colocación de Consumibles en Termos



Figura 74. Toma de Humedad Relativa

CAPITULO 7

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

7.1 ANÁLISIS ECONÓMICO.

En el proyecto desarrollado se requiere un análisis de la parte financiera que involucra tener claros los requerimientos físicos, humanos, tecnológicos y materiales necesarios para poner en marcha la implementación del proceso de una manera eficiente desde el punto de vista de la rentabilidad y rendimientos.

7.1.1 COSTOS DIRECTOS.

En estos costos son aquellos que están dispuestos directamente en la obtención de los elementos que conforman el Sistema Higo-Térmico. Dichos costos se encuentran en los materiales que a continuación se detallan.

Tabla 54.

Costo de Material para Estructura del Horno.

Material para Estructura del Horno					
Ord	Descripción	Unid	Cant.	Costo Unitario	Costo (USD)
1	Plancha de Aluminio liso e 1.5	plancha	1	30,53	30,53
2	Plancha de Acero Galvani e1.2	plancha	1	47,97	47,97
3	Vidrio Templado	Unid	1	40	40
4	Empaques	Unid	1	10	10
5	Sellante SIKASIL 3180	Unid	1	33	33
6	½ litro de Pintura	Litro	0,50	25	12,5
7	Tornillo triplepato 10 mm x 1"	Unid	30	0,15	4,5
8	Remaches pop 5/32"	Unid	50	0,1	5
9	Bisagra de Vaivén	Unid	2	7,9	15,8
10	Tiradera 128mm	Unid	1	2	2
11	Electrodo	Libra	3	3	9
12	Brocas 5/32"	Unid	3	0,5	1,5
TOTAL					211,8

Tabla 55.
Costo de Material para Sistema de Calentamiento.

Material para el Sistema Calentamiento					
Ord	Descripción	Unid	Cant	Costo Unitario	Costo (USD)
1	Manta Cerámica	Rollo	1	109,65	109,65
2	Ladrillo Refractario U33	Unid	6	14	84
3	Calentador un U 120 V 1110 Watts	Unid	2	92,5	185
TOTAL					378,65

Tabla 56.
Costo de Material para el Sistema de Control.

Material para el Sistema de Control					
Ord	Descripción	Unid	Cant	Costo Unitario	Costo (USD)
1	Termocuplas Tipo K	Unid	1	51,86	51,86
2	Control de Proceso PID ON/OFF	Unid	1	333,22	333,22
3	Contactador	Unid	1	80	80
4	Borneras 2-5 mm	Unid	10	1,28	12,8
5	Lámparas Testigo	Unid	2	5	10
6	Pulsador	Unid	1	10	10
7	Borneras 6 mm	Unid	10	1,87	18,7
8	Breaker	Unid	1	21,3	21,3
9	Alambre	metros	20	0,8	16
10	Caja para Control	Unid	1	36	36
TOTAL					589,88

En costos directos se consideran el tiempo (hora hombre) ocupado para como de los asesores.

Tabla 57.
Costo de Diseño e Ingeniería.

Costos de Diseño e Ingeniería				
Ord	Descripción	Tiempo H_H	Valor H-H	Subtotal
1	Autor	300	5	1500
2	Profesionales Asesores	40	10	400
3	Asesor Especial	15	20	300
TOTAL				2200

Los costos de mano de obra y maquinarias utilizadas para la fabricación del Sistema Higro Térmico también son considerados como gastos o costos directos los cuales están considerados en la tabla 7.5.

Tabla 58.

Costo de Mano de Obra.

Costos de Mano de Obra				
Ord	Descripción	Tiempo H_H	Valor H-H	Subtotal
1	Servicio de Cortadora de Planchas	8	5	40
2	Servicio de Doblado de Planchas	4	10	40
3	Servicio de Soldadura	4	10	40
4	Servicio de Pintura	5	5	25
			TOTAL	145

7.1.2 COSTOS INDIRECTOS.

En estos costos son aquellos gastos que se realizan en el desarrollo del proyecto en la tabla 7.6 se detallan a continuación.

Tabla 59.

Costos Indirectos de Mano de Obra

Costos Indirectos		
Ord	Descripción	Costo (USD)
1	Gastos Administrativo s	50,00
2	Materiales de Oficina	80,00
3	Transporte	100,00
4	Tecnología de la Información	90,00
5	Servicios Básicos	100,00
6	Otros	100,00
TOTAL		520,00

7.1.3 COSTOS TOTALES DEL SISTEMA.

Tabla 60.

Costos Indirectos Totales de Mano de Obra

Costos Totales		
Costos Indirectos		
Ord	Descripción	Subtotal
1	Costos Indirectos	520,00
Costos Directos		
1	Costo de Mano de Obra	145
2	Costo de Diseño e Ingeniería	2200
3	Costos de Materiales	1180,33
	Subtotal	4045,33
	Imprevistos 3.5%	54,61
	Costo Total	4099,94

7.2 ANÁLISIS FINANCIERO.

Con este análisis buscaremos la viabilidad del presente proyecto, para lo cual se obtendrá el cálculo de los factores de la tasa interna de retorno (TIR), tasa mínima de aceptación de rendimiento (TMAR), el valor actual neto (VAN), Por medio de estos factores se determinara el valor de la relación coste/beneficio.

ANÁLISIS DE INGRESOS.

Para este análisis es necesario detallar que por tratarse de una implementación de un proceso la Empresa Santa Barbará E.P en el cual se obtendrán significantes ahorros tanto en materia prima con en los gasto que implica el reprocesos de las soldaduras se podrá tomar en consideración la siguiente tabla como ingresos.

Tabla 61.

Análisis de Ingresos

Ingresos					
Denominación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro Materia Prima	844,8	946,2	1.051,8	1.161,9	1.276,6
Ahorro Reprocesos	1.871,8	2.096,4	2.330,4	2.574,3	2.828,4
Total de Ingresos	2.716,6	3.042,5	3.382,2	3.736,2	4.105,0

ANÁLISIS DE EGRESOS.

Se tomara en consideración como egresos el valor del costo que produce la implantación y la puesta en marcha del sistema térmico sean estos gastos operativos, los gastos de mantenimiento, además de una depreciación que sufre la maquinaria que se está utilizando en el proceso a implementar.

Tabla 62.

Análisis de Egresos

Egresos					
Denominación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Gastos	150,00	168,00	186,76	206,30	226,66
Operativos					
Depreciación	409,99	409,99	409,99	409,99	409,99
Mantenimiento	491,99	512,66	534,19	556,62	580,00
Total de Egresos	1051,99	1090,65	1130,94	1172,92	1216,66

PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL.

Se puede estimar que se requiere un promedio de 5 años para recuperar la inversión inicial. Para lo cual se ha creado una tabla que indica ganancias (ahorro) que tendría la empresa Santa Barbará E.P.

Tabla 63.

Periodo de Recuperación de la Inversión

Periodo de Recuperación de Inversión Inicial						
Denominación	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión Inicial	4099,94					
Beneficio		1.664,57	1.951,90	2.251,29	2.563,25	2.888,32

FLUJO DE CAJA NETO.

Realizaremos una evaluación de Egresos e Ingresos, con el cual obtendremos un indicador financiero que nos dará una idea muy clara sobre la rentabilidad del Proyecto que se encuentra ejecutado. La cual nos presenta en la tabla que a continuación se detalla.

Tabla 64.

Flujo de Caja Neto

Flujo de caja Neto					
Periodo Anual	Ingresos Total	Valor Presente	Egresos Total	Valor Presente	Total
Año 0	0,00	0,00	4099,94	4099,94	-4099,94
Año 1	2716,56	2321,00	1051,99	899,00	1422,00
Año 2	3042,55	2222,00	1090,65	796,00	1426,00
Año 3	3382,23	2112,00	1130,94	706,00	1406,00
Año 4	3736,17	1994,00	1172,92	625,00	1369,00
Año 5	4104,98	1872,00	1216,66	555,00	1317,00
Total	16982,49	10521,00	9763,09	7680,94	2840,06

TASA INTERNA DE RETORNO. (TIR)

La tasa de Retorno Interna idealmente es aproximadamente a o mayor al 10%, en nuestros cálculos nos da como resultado un valor de 21 %,

lo que nos demuestra que la recuperación de la inversión para este proyecto será en un periodo menor a la vida útil del equipo construido.

Tabla 65.

Tasa Interna de Retorno

Tasa Interna de Retorno	
Periodo Anual	Total
Año 0	-4099,94
Año 1	1422,00
Año 2	1426,00
Año 3	1406,00
Año 4	1369,00
Año 5	1317,00
TIR	21%

VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El resultado que se demuestra a continuación en las tablas ha sido positivo por lo que se puede concluir que la inversión es económicamente beneficiosa.

Tabla 66.

Valor Actual neto

Valor Actual Neto	
Periodo Anual	Total
Año 0	-4099,94
Año 1	1422,00
Año 2	1426,00
Año 3	1406,00
Año 4	1369,00
Año 5	1317,00
VAN	\$ 1.180,45

CALCULO DE VALOR COSTO/BENEFICIO

Finalmente se ha obtenido un valor de Costo Beneficio de 1,37 lo cual nos indica que nuestra retribución por cada dólar invertido en este proyecto sería de 37 centavos.

Tabla 67.

Valor Costo/Beneficio

Valor Costo Beneficio		
Periodo Anual	Valor Pres Ingresos	Valor Pres Egresos
Año 0	0,00	4099,94
Año 1	2321,00	899,00
Año 2	2222,00	796,00
Año 3	2112,00	706,00
Año 4	1994,00	625,00
Año 5	1872,00	555,00
Total	10521,00	7680,94
B/C	1,37	

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

8.1 CONCLUSIONES.

- Con el diseño e implementación del proceso de almacenamiento y manejo de consumibles del proceso SMAW para la empresa Santa Barbará E.P se pudo realizar la mejora de tiempos de productividad disminuyendo los reprocesos en la fabricación de las estructuras metálicas ya que el consumible se encuentra en condiciones óptimas para realizar el trabajo de soldadura, así como también en el ahorro de materiales que se los puede recuperar para prolongar su vida útil antes de desecharlo.
- Con el estudio y trabajo realizados en se logro un correcto manejo y almacenamiento de los consumibles gracias a esto se puede tener un control exacto de la cantidad de consumibles que se utilice en cada proyecto.
- Se diseño y se fabrico un sistema Higo- térmico en el cual se puede realizar la recuperación y el mantenimiento de los diferentes consumibles basándonos en las recomendaciones de la norma AWS A5.1-81. Y se pudo constatar que la humedad es uno de los principales causales de los diferentes defectos de soldadura.
- Para la automatización de sistema se implemento un control de temperatura PID como sistema de control del sistema Higotermico con el cual la operación entre el operador y el PID control de temperatura no requiere de conocimientos profundos de computación ya que consta de una consola de control muy amigable para la persona que lo va a utilizar.
- Se pudo constatar que para la recuperación del electrodo E7018 es necesario calentar a una temperatura de 350°C por un tiempo de 2 horas para en el mantenimiento del mismo a una temperatura de

70°C por el tiempo de 1 hora. Para el electrodo E6011 se puede recuperar a una temperatura de 100 °C y un tiempo de 1 hora, para la mantención del este la norma no lo recomienda.

- El estudio se lo realizo para un periodo de recuperación de 5 años en los cuales se puede observar que existe un ahorro de materiales y reprocesos reflejados en el VAN igual a \$ 1180 USD y el TIR 21% después de todas la inversiones realizadas. También se puede observar en el valor costo beneficio es de 1,37.

8.2 RECOMENDACIONES.

- Se debe dar una operación adecuada a los sistemas del sistema Higro-termico, así como un mantenimiento periódico para poder conservar su eficiencia, remitiéndose estrictamente al manual de operación y la guía de mantenimiento.
- Se debe implementar el procesos realizado en este trabajo de investigación tanto en el área de trabajos de fabricación y de montaje ya que en este lugar es donde se tiene las situaciones más críticas en lo que corresponde a manejo y almacenamiento de electrodo además se debería implementar procesos de manejo y almacenamiento global para todos los consumibles que la empresa utiliza para la fabricación de sus diferentes proyectos.
- Se recomienda realizar un estudio con los electrodos E6011 para poder analizar a que temperatura y que tiempo de exposición se debería exponer a dichos electrodos.

BIBLIOGRAFIA.

Características de los Materiales usados para las RTD . (13 de Noviembre de 2013). Obtenido de http://www.medicion_control_industrial.term

Cengel, Y. (2015). *Transferencia de calor y masa 4 Edicion*.

Combustionindustrial.com. (2013). Clasificación de Sistemas de Calentamiento. www.combustionindustrial.com .

Electrotermia, G. (2011). *Clasificacion de los sistemas de calentamiento*. Obtenido de <http://www.ghinduction.com>

Herramientas, D. M. (2012). Aplicacions del proceso SMAW. *De maquinas y herramientas* .

INDURA. (2013). Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura. *Tipos de electrodos comerciales* .

Ladrillos Refractarios. (2015). Obtenido de [www.macer](http://www.macer.com).

Marques, P. P. (2013). Inspeccion de Soladura Tecnologia de Soldagen.

Micro controladores PLC´s . (2013). Obtenido de

www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/plcautomatizacion

Soldadura, U. C. (2013). Manejo de electrodos. *Inspección Especializada de Mecánica General* .

tecnologias, C. d. (s.f.). *Materiales Refractarios y Aislantes*. Obtenido de www.empresa eficiente.com

tecnologias, C. d. (2013). *Materiales Refractarios y Aislantes* . Obtenido de www.empresaeficiente.com

www.empresaeficiente.com. (2013). Partes de un Sistema de Calentamiento Recuperado. *Catalogo de tecnologias* .

www.obtesol.es. (22 de julio de 2013). *SMAW- Electrodo*.

aiteco. (s.f.). matriz-de-priorizacion. herramientas de calidad .

Naranjo, I. C. (2011). Guia para el almacenamiento de consumibles de soldadura para aplicaciones generales , 1-10.