



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

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO MECÁNICO**

**AUTOR: CALLE CARRIÓN, JOSÉ MIGUEL**

**TEMA: INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DE UN  
SISTEMA AUTOMATIZADO DE CORTE REGULABLE EN LAS  
PALANQUILLAS IMPORTADAS DE LA EMPRESA ACERÍAS  
NACIONALES DEL ECUADOR ANDEC S.A. UBICADA EN GUAYAQUIL**

**DIRECTOR: ING. CULQUI, BORYS**

**CODIRECTOR: ING. OLMEDO, FERNANDO**

**SANGOLQUÍ, JULIO 2014**

## **CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto “INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DE UN SISTEMA PARA CORTE REGULABLE EN LAS PALANQUILLAS IMPORTADAS DE LA EMPRESA ACEROS NACIONALES DEL ECUADOR ANDEC S.A.”, fue realizado en su totalidad por el señor JOSÉ MIGUEL CALLE CARRIÓN como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

---

**ING. CULQUI, BORYS  
DIRECTOR**

---

**ING. OLMEDO, FERNANDO  
CODIRECTOR**

**SANGOLQUÍ, JULIO 2014**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS****CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA****DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD****DECLARO QUE:**

El proyecto denominado: “INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DE UN SISTEMA PARA CORTE REGULABLE EN LAS PALANQUILLAS IMPORTADAS DE LA EMPRESA ACERÍAS NACIONALES DEL ECUADOR ANDEC S.A.”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan en los párrafos de cada concepto, 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 en mención

---

**CALLE CARRIÓN, JOSÉ MIGUEL**

**SANGOLQUÍ, JULIO 2014**

## **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

### **AUTORIZACIÓN**

Yo, José Miguel Calle Carrión,

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la institución el proyecto de grado titulado: “INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DE UN SISTEMA PARA CORTE REGULABLE EN LAS PALANQUILLAS IMPORTADAS DE LA EMPRESA ACEROS NACIONALES DEL ECUADOR ANDEC S.A.”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría

---

**CALLE CARRIÓN, JOSÉ MIGUEL**

**SANGOLQUÍ, JULIO 2014**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres, Aura y Leonardo, pilares fundamentales en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como en la vida, por su incondicional apoyo y aquella fortaleza necesaria para seguir adelante a través del tiempo.*

*Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios por darme la vida, familia, amigos y permitir realizar todos mis sueños y estar conmigo en cada momento de la vida dándome fuerzas para no recaer.*

*A la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE y en especial a la Carrera de Ingeniería Mecánica por haberme formado como profesional y como persona para seguir adelante en mi vida profesional.*

*A mi director y codirector por su ayuda en todo momento con su sabiduría, valores y paciencia a lo largo de mi proyecto de grado.*

*A todos los Ingenieros por sus enseñanza, paciencia y dedicación.*

*Al personal de la empresa ANDEC que supieron guiarme y ayudarme para plasmar este proyecto.*

*A mis amigos por todos los momentos compartidos.*

*A todos quienes ayudaron desinteresadamente para la realización de este proyecto.*

*Muchas gracias*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	ii
AUTORIZACIÓN .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
LISTADO DE FIGURAS .....	x
LISTADO DE TABLAS .....	xiii
LISTADO DE ANEXOS .....	xv
RESUMEN.....	xvi
<b>CAPITULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CORTE REGULABLE EN LAS PALANQUILLAS IMPORTADAS DE LA EMPRESA ACEROS NACIONALES DEL ECUADOR ANDEC S.A. ....</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.3 OBJETIVOS .....	2
1.3.1 GENERAL .....	2
1.3.2 ESPECÍFICOS .....	2
1.4 ALCANCE.....	3
1.5 JUSTIFICACIÓN .....	3
<b>CAPITULO 2.....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1 PROCESO GENERAL DE FABRICACIÓN DE VARILLAS .....	5
2.1.1 MATERIA PRIMA .....	6
2.1.2 HORNO ELÉCTRICO .....	7
2.1.3 COLADA CONTINUA .....	8
2.1.4 PROCESO DE LAMINACIÓN.....	9
2.1.4.1 Horno de Pre calentamiento .....	9
2.1.4.2 Tren de Laminación .....	10
2.1.5 PRODUCTO TERMINADO Y ALMACENAJE.....	12
2.1.6 DESPACHO.....	13
2.2 ESTUDIO DEL PROCESO DE CORTE EN LA EMPRESA ANDEC .....	14
2.2.1 TIPOS DE PROCESOS .....	14

2.2.1.1 Corte por inyección de agua.....	15
2.2.1.2 Corte por Plasma.....	16
2.2.1.3 Corte por Láser.....	16
2.2.1.4 Oxicorte.....	17
2.2.2 PROCESO DE CORTE EN ANDEC.....	19
<b>CAPITULO 3.....</b>	<b>20</b>
<b>DISEÑO DEL SISTEMA.....</b>	<b>20</b>
3.1 DISEÑO CONCEPTUAL.....	20
3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO.....	20
3.1.2 CARACTERÍSTICAS.....	20
3.1.3 ESTANDARES.....	20
3.1.3.1 Proceso actual de corte en la empresa ANDEC S.A.....	20
3.1.3.1.1 Diagrama de Flujo.....	22
3.1.3.1.2 Descripción.....	23
3.1.3.2 Sistema propuesto de corte en la empresa ANDEC S.A.....	26
3.1.3.2.1 Diagrama de Flujo.....	28
3.1.3.2.2 Descripción.....	29
3.1.3.3 Diferencia de palanquilla, proceso promedio Actual-Propuesto.....	32
3.1.3.4 Comparación sistema actual – propuesto.....	33
3.2 ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	34
3.2.1 PRIMERA ALTERNATIVA.....	35
3.2.2 SEGUNDA ALTERNATIVA.....	36
3.2.3 TERCERA ALTERNATIVA.....	38
3.2.4 MATRIZ DE COMPARACIÓN ENTRE ALTERNATIVAS.....	39
3.3 DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO.....	40
3.3.1 DISEÑO MECÁNICO.....	42
3.3.1.1 Diseño de cama de vigas para la palanquilla.....	42
3.3.1.1.1 Cálculo de reacciones que la palanquilla produce sobre las vigas.....	42
3.3.1.1.2 Cálculo de las reacciones que producen las vigas en cada apoyo.....	51
3.3.1.1.3 Elección de perfil de la viga para la cama.....	58
3.3.1.1.4 Diseño de pernos en los topes.....	60
3.3.1.2 Diseño de estructura para el sistema soporte del equipo de oxicorte.....	63
3.3.1.3 Diseño perfil para igualar palanquillas.....	70
3.3.1.3.1 Diseño de paro mecánico.....	75
3.3.1.4 Diseño de placa guía palanquillas.....	77
3.3.1.5 Factores de seguridad.....	78



3.3.2 DISEÑO HIDRÁULICO .....	79
3.3.2.1 Sistema hidráulico para alinear la palanquilla (SHA).....	80
3.3.2.1.1 Diseño de los cilindros hidráulicos .....	80
3.3.2.1.2 Selección del cilindro hidráulico (ENERPAC) según catálogo comercial ENERPAC .....	82
3.3.2.2 Sistema hidráulico de guía para ubicación de palanquilla (SHG).....	84
3.3.2.2.1 Diseño de los cilindros hidráulicos .....	85
3.3.2.2.2 Selección del cilindro hidráulico (Catálogo Comercial).....	86
3.3.2.3 Sistema hidráulico para elevar y descender la estructura que sostiene la máquina de oxicorte (SHMO).....	87
3.3.2.3.1 Diseño de los cilindros hidráulicos .....	88
3.3.2.3.2 Selección del cilindro hidráulico (ENERPAC).....	89
3.3.3 SELECCIÓN MÁQUINA DE OXICORTE.....	91
3.3.3.1 Descripción proceso de Oxicorte .....	93
<b>CAPITULO 4.....</b>	<b>94</b>
<b>AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA .....</b>	<b>94</b>
4.1 INTRODUCCIÓN .....	94
4.1.1 PARÁMETROS.....	95
4.2 SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA AUTOMATIZAR EL SISTEMA.....	97
4.2.1 SELECCIÓN DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).....	97
4.2.2 SENSORES INDUCTIVOS .....	98
4.2.2.1 Selección de sensores inductivos para el funcionamiento los cilindros hidráulicos .....	100
4.2.2.2 Selección de sensores inductivos para controlar el fin de carrera del SHA, SHG y SHMO. ....	101
4.2.3 SELECCIÓN DE UN CONTACTOR .....	102
4.2.4 PROGRAMA UTILIZADO PARA VISUALIZAR EL INTERFAZ MÁQUINA HUMANO (HMI).....	103
4.2.4.1 Software .....	103
4.2.4.2 Lenguaje de programación .....	104
4.2.4.3 LABVIEW .....	104
4.3 ESQUEMA DEL PROCESO.....	108
4.3.1 ESQUEMA GENERAL.....	108
4.3.2 SIMULACIÓN DEL PROCESO .....	109
4.4 PROGRAMACIÓN .....	115

4.4.1 PRUEBA DE ESCRITORIO .....	115
4.4.2 DIAGRAMA DE ESCALERA .....	117
4.4.2.1 Diagrama de estado .....	119
4.4.3 PROGRAMACIÓN DEL PLC .....	120
4.4.3.1 Nominación de las variables utilizadas en el proceso de programación del PLC .....	120
4.4.4 INTERFAZ MÁQUINA HUMANO (HMI) DEL PROGRAMA .....	121
<b>CAPITULO 5</b> .....	123
<b>ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO</b> .....	123
5.1 ANÁLISIS FINANCIERO .....	123
5.2 PRESUPUESTO UTILIZADO .....	124
5.3 ANÁLISIS DE COSTOS .....	127
5.3.1 COSTO DE MANO DE OBRA .....	127
5.3.2 DETERMINACIÓN DEL PRECIO DE VENTA .....	128
5.3.3 ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA .....	129
5.3.3.1 Periodo de recuperación del capital .....	129
5.3.3.2 Rentabilidad sobre la inversión .....	130
5.3.3.3 Cálculo de la rentabilidad económica .....	131
<b>CAPITULO 6</b> .....	132
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	132
6.1 CONCLUSIONES .....	132
6.2 RECOMENDACIONES .....	134
BIBLIOGRAFÍA .....	135

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo de vida de las Varillas de Acero.....	5
Figura 2 Chatarra en la empresa ANDEC.....	6
Figura 3 Compactador VEZZANI .....	7
Figura 4 Horno de Arco Eléctrico.....	8
Figura 5 Elementos de la Colada continúa (www.oocities.org, s.f.).....	8
Figura 6 Palanquillas.....	9
Figura 7 Tren de Laminación.....	11
Figura 8 Varilla corrugada de ANDEC.....	12
Figura 9 Almacenamiento de Varilla .....	13
Figura 10 Embarque de varilla en Transporte.....	14
Figura 11 Balanza de Despacho.....	14
Figura 12 Corte por inyección de agua .....	15
Figura 13 Corte por Plasma.....	16
Figura 14 Corte por Láser .....	17
Figura 15 Oxicorte .....	18
Figura 16 Esquema primera alternativa .....	36
Figura 17 Esquema segunda alternativa.....	37
Figura 18 Esquema tercera alternativa.....	38
Figura 19 Esquema del sistema propuesto.....	41
Figura 20 Vista Frontal de la cama de vigas .....	42
Figura 21 DCL de la cama de vigas .....	43
Figura 22 Cama de viga planteamiento con continuidad geométrica .....	43
Figura 23 Rotación unitaria en A, diagrama de momentos.....	45
Figura 24 Rotación unitaria en B, diagrama de momentos.....	45
Figura 25 Rotación unitaria en C, diagrama de momentos.....	45
Figura 26 Rotación unitaria en D, diagrama de momentos.....	45
Figura 27 Rotación unitaria en E, diagrama de momentos .....	46
Figura 28 Rotación unitaria en F, diagrama de momentos .....	46
Figura 29 DCL para cálculo de reacciones en apoyo A.....	48
Figura 30 DCL para cálculo de reacciones en apoyo A y B .....	49

Figura 31 Diagrama fuerza cortante de la carga de la palanquilla.....	50
Figura 32 Diagrama momento flector de la carga de la palanquilla .....	51
Figura 33 DCL de los apoyos de las vigas.....	52
Figura 34 Viga con continuidad.....	52
Figura 35 Rotación unitaria en 1, diagrama de momentos.....	53
Figura 36 Rotación unitaria en 2, diagrama de momentos.....	53
Figura 37 Rotación unitaria en 3, diagrama de momentos.....	54
Figura 38 DCL para cálculo de reacciones en apoyo 1.....	55
Figura 39 DCL para cálculo de reacciones en apoyo 1 y 2.....	55
Figura 40 Diagrama fuerza cortante de los apoyos.....	57
Figura 41 Diagrama momento flector de los apoyos .....	57
Figura 42 Diagrama de localización de topes y fuerza del montacargas .....	60
Figura 43 Material de desgaste (Riel A100) .....	62
Figura 44 Esquema estructura soporte máquina oxicorte .....	64
Figura 45 Sección transversal viga .....	64
Figura 46 DCL1 Vigas soporte del proceso de oxicorte .....	65
Figura 47 Estructura soporte máquina oxicorte .....	67
Figura 48 Diagrama libre columna soporte de cable de acero.....	69
Figura 49 Barra cuadrada para igualar palanquillas.....	71
Figura 50 Vista frontal fuerza de cilindros hidráulicos en barra cuadrada para igualar palanquillas .....	71
Figura 51 DCL del eje cuadrado .....	72
Figura 52 Perfil eje cuadrado .....	72
Figura 53 Paro mecánico.....	75
Figura 54 Placa guía de palanquillas.....	77
Figura 55 Esquema Hidráulico del sistema para igualar la palanquilla. ....	80
Figura 56 Diagrama para elegir la longitud máxima de pando del vástago .....	81
Figura 57 Configuración de válvulas de control para proporcionar una elevación uniforme de la carga.....	82
Figura 58 Esquema hidráulico para el sistema de oxicorte (FLUIDSIM) .....	84
Figura 59 Esquema hidráulico para la estructura que sostiene la máquina de oxicorte (FLUIDSIM) .....	88

Figura 60 ALL POSITION CUTTING CARRIAGE –KAT II GULLCO (GULLCO International Limited- distribuye INDURA).....	91
Figura 61 Part # ZS 61108 (KOIKE ARONSON INC.).....	92
Figura 62 Twin Torch adapter part # ZA 3312001 (KOIKE ARONSON INC.).....	93
Figura 63 PLC Xinje XC3-32RT-E .....	98
Figura 64 Sensor Inductivo .....	99
Figura 65 Esquema de funcionamiento de un sensor inductivo.....	100
Figura 66 Sensor inductivo para cilindros hidráulicos.....	100
Figura 67 Sensor inductivo para fines de carrera.....	101
Figura 68 Contactor (DIRECT-ELECTRO) .....	103
Figura 69 Funcionamiento de Labview.....	106
Figura 70 Panel Frontal (Inga Ortega – Juan Ortega) .....	107
Figura 71 Diagrama de bloque (Inga Ortega – Juan Ortega, pág. 23) .....	108
Figura 72 Esquema Hidráulico (FLUIDSIM) .....	109
Figura 73 Sistema al presionar PULSADOR 1 (FLUIDSIM) .....	110
Figura 74 Sistema al presionar PULSADOR 2 (FLUIDSIM) .....	110
Figura 75 Sistema al presionar PULSADOR 3 (FLUIDSIM) .....	111
Figura 76 Sistema al presionar PULSADOR 4 (FLUIDSIM) .....	112
Figura 77 Sistema al presionar PULSADOR 5 (FLUIDSIM) .....	112
Figura 78 Sistema al presionar PULSADOR MO1 y MO2 (FLUIDSIM) .....	113
Figura 79 Sistema al presionar PULSADOR 6 (FLUIDSIM) .....	114
Figura 80 Sistema al presionar PULSADOR 7 (FLUIDSIM) .....	115
Figura 81 Diagrama de escalera (FLUIDSIM) .....	118
Figura 82 Diagrama de estado (FLUIDSIM).....	120
Figura 83 HMI en Labview .....	122

**LISTADO DE TABLAS**

Tabla 1.....	10
Tabla 2.....	12
Tabla 3.....	13
Tabla 4.....	18
Tabla 5.....	24
Tabla 6.....	25
Tabla 7.....	26
Tabla 8.....	31
Tabla 9.....	32
Tabla 10.....	33
Tabla 11.....	33
Tabla 12.....	40
Tabla 13.....	62
Tabla 14.....	67
Tabla 15.....	68
Tabla 16.....	78
Tabla 17.....	79
Tabla 18.....	95
Tabla 19.....	96
Tabla 20.....	96
Tabla 21.....	98
Tabla 22.....	101
Tabla 23.....	102
Tabla 24.....	121
Tabla 25.....	124
Tabla 26.....	126
Tabla 27.....	126
Tabla 28.....	126
Tabla 29.....	127
Tabla 30.....	127
Tabla 31.....	128

Tabla 32..... 129

## LISTADO DE ANEXOS

- A Planos de Diseño
- B Especificaciones del perno de anclaje HILTI
- C Catálogo de soldadura
- D Informe construcción modelo para comprobar alineación palanquillas
- E Especificaciones de máquina de oxicorte GULLCO
- F Especificaciones del PLC Xinje de serie XC3-32RT-E.
- G Especificaciones sensor inductivo de cilindro hidráulico
- H Especificaciones sensor inductivo 871 TM
- I Especificaciones contactor
- J Programa PLC
- K Cotizaciones
- L Certificado de conformidad por parte de **ACERÍAS NACIONALES DEL ECUADOR ANDEC S.A.**



## RESUMEN

El presente proyecto fue realizado para la empresa ANDEC S.A. teniendo como base mejorar el sistema de corte actual de la palanquilla importada, optimizar costos de mano obra y elevar la productividad. Siendo el objetivo principal del mismo, realizar la ingeniería conceptual, básica y de detalle de un sistema automatizado de corte. Se desarrolló el diseño mecánico e hidráulico del sistema, además se realizó la automatización y se efectuó un HMI acorde al proceso, el cual puede ser implementado en una botonera; la función del proyecto es llevar a cabo el corte de las palanquillas importadas con las medidas apropiadas según indicación del área de laminación. Para elaborar este proyecto se tomó en cuenta que el proceso de corte empieza desde que el montacargas recoge las palanquillas de 12 metros de longitud y termina cuando el montacargas retira todas las palanquillas cortadas de la estructura de vigas. En el presente proyecto hay tres sistemas hidráulicos el primero de ellos será de guía para posicionar las palanquillas, otro para alinear y el último sostiene una estructura para soportar la máquina de oxicorte. El corte se efectuará con una máquina de oxicorte GULLCO KAT II la cual tiene estabilidad gracias a su diseño, este es ideal para nuestro proceso y además tiene un sistema que regula la longitud del corte según la necesidad. El proceso cortará lotes de 40 palanquillas de 12 metros, aproximadamente en 104 minutos, con un promedio de 169 por turno. El periodo de recuperación del capital es de 3 años y 9 meses.

**PALABRAS CLAVES: SISTEMA DE VIGAS HIPERESTATICAS, PROCESO DE LAMINACIÓN, CORTE DE PALANQUILLA, SISTEMA AUTOMATIZADO DE CORTE, PROCESO DE OXICORTE.**

## **CAPITULO 1**

### **INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CORTE REGULABLE EN LAS PALANQUILLAS IMPORTADAS DE LA EMPRESA ACEROS NACIONALES DEL ECUADOR ANDEC S.A.**

#### **1.1 ANTECEDENTES**

Mediante observación técnica realizada a ANDEC se analizó los problemas actuales de la empresa, especialmente en el área del corte de palanquillas importadas de 12 metros de longitud las cuales deben ser cortadas en forma manual las longitudes solicitadas para el horno de precalentamiento y así seguir con el proceso de laminación.

Después de analizar el proceso de oxicorte de la palanquilla y el procedimiento para realizar las varillas en el tren de laminación, se ha determinado que es necesario realizar un proceso para optimizar el sistema de oxicorte de la palanquilla importada que va a ser utilizada y así obtener las medidas solicitadas por el área de laminación en menor tiempo.

Luego de haber realizado el estudio se concluye que para obtener el punto de corte requerido hay que tener en consideración factores como el tamaño de cada varilla, así como también el tamaño de palanquilla importada, lo cual ayudará a obtener confiabilidad en nuestros datos.

ANDEC ha decidido realizar el presente proyecto de estudio e investigación que consiste en la INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CORTE REGULABLE EN LAS PALANQUILLAS IMPORTADAS DE LA EMPRESA ACEROS NACIONALES DEL ECUADOR ANDEC S.A.

En este se va a tratar temas como factores humanos, instalaciones y condiciones ambientales, equipos, muestreos entre otros tipos de ensayos.

## **1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El sistema de corte actual que tiene ANDEC es de forma manual con oxiacetilénico, es decir, los operarios son los encargados de realizarlo, exponiéndose a riesgos de salud como lumbalgias y también inhalando gases producidos por el proceso, lo cual con el tiempo puede producir enfermedades laborables a largo plazo con el sistema respiratorio. El principal problema que tiene ANDEC es la falta de precisión y homogeneidad en el corte manual de palanquilla que realizan los operarios por falta de experiencia, cansancio, falta de concentración y otros, lo cual produce variaciones en el corte de la longitud deseada, si el corte no es el adecuado se genera desperdicio de kilogramos por palanquilla al momento de producir varillas.

El exceso de longitud en grandes cantidades de palanquilla resultan anualmente pérdidas representativas a la empresa

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 GENERAL**

Realizar la Ingeniería Conceptual, Básica y De Detalle de un sistema automatizado de corte regulable en las palanquillas importadas de la empresa ACEROS NACIONALES DEL ECUADOR ANDEC S.A. ubicada en Guayaquil.

### **1.3.2 ESPECÍFICOS**

- Definir el proceso general de fabricación de varilla,
- Conocer los diferentes tipos de procesos de corte para seleccionar el adecuado para la empresa,
- Obtener información general del proceso de corte actual de la palanquilla importada de la empresa ANDEC,
- Diseñar el sistema propuesto,
- Realizar los planos de detalle del sistema,
- Disminuir el tiempo de corte de las palanquillas importadas,
- Reducir posibles enfermedades laborables a largo plazo,
- Optimizar costos de productividad,
- Mejorar el terminado de corte de palanquilla para evitar problemas en el momento de laminación,
- Elaborar un análisis económico para obtener la factibilidad del proyecto,

## **1.4 ALCANCE**

Realizar un estudio para implementar un sistema de corte final de palanquilla importada que supere en un 10 % de lo que se corta actualmente en la empresa ANDEC S.A ubicada en Guayaquil-Guayas; con el respectivo diseño mecánico, sus respectivos planos, la especificación de materiales a utilizar, costos de estudio e implementación y las especificaciones determinadas en el proyecto, obteniendo un corte sin astillas y lo más recto posible.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

Aceros Nacionales del Ecuador “ANDEC S.A” se encuentra en un proceso de expansión incrementando su volumen de producción de palanquilla pero por el momento su producción actual no abastece la gran capacidad de laminación, por tal razón es necesario importar la palanquilla y así poder pelear con el mercado nacional en la venta de productos de construcción, de acuerdo a este motivo es necesario realizar el corte de palanquilla importada en menor tiempo para así obtener menor desperdicio en el momento de producir los productos.

La palanquilla importada de ANDEC S.A es de 12 metros de longitud y pesa 1,5 toneladas, por lo que debe ser cortada en tramos de 4 metros aproximadamente para que entre al proceso de laminación correspondiente, el corte se lo está haciendo manualmente por lo que los 4 metros son aproximadamente con una tolerancia de menos del 0,5%.

En el momento de producción se está arrojando un desperdicio anual muy representativo, lo cual en este proyecto se espera que disminuya considerablemente. Es por este motivo que se ha optado hacer un estudio para obtener un corte de la palanquilla en menor tiempo y también que minimice las pérdidas al momento de la producción de varilla.

Según la longitud solicitada por el área de laminación de la empresa, se procederá a implementar un sistema para cortar la palanquilla a la longitud deseada, así en el momento de producir no habrá excedentes habiendo reducido el tiempo y los desperdicios, logrando un ahorro para ANDEC consecuentemente serán ganancias para la empresa.

En base a la necesidad podemos realizar la ingeniería conceptual, básica y de detalle de un sistema para corte regulable en las palanquillas importadas que nos permita alcanzar la longitud de la palanquilla deseada, para fines provechosos a la empresa.

## CAPITULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 PROCESO GENERAL DE FABRICACIÓN DE VARILLAS

En la fabricación de varillas intervienen los siguientes procesos:

- Materia Prima.
- Horno Eléctrico.
- Colada Continua.
- Proceso de Laminación.
- Producto Terminado y Almacenaje.
- Despacho.

En el esquema de la Figura 1 se puede observar el ciclo de vida de las varillas.

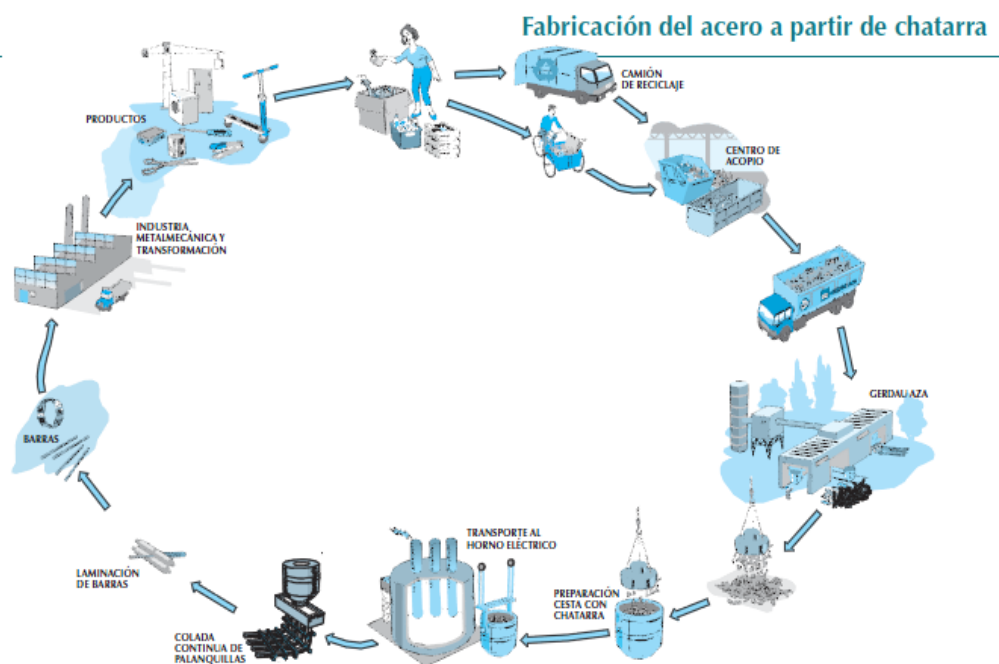


Figura 1 Ciclo de vida de las Varillas de Acero.

(Profesor: Larrys Redlich, 2010)

Los procesos de la empresa se describen a continuación:

### 2.1.1 MATERIA PRIMA

La materia prima para la obtención de las varillas de acero es la chatarra (Véase en Figura 2), en este proceso se presta una especial atención a la clase de chatarra que se va a utilizar, con el fin de obtener un elevado grado de calidad de acero. Para ello, la chatarra es sometida a severos controles e inspecciones por parte de ANDEC, tanto en su lugar de origen como en el momento de la recepción del material por los inspectores de la empresa, donde se realiza una clasificación de chatarra y un pesaje para comprarlo por calidad y peso, la materia prima llega en: barcos, plataformas, camiones, camionetas y también por medio del plan RENOVA, el cual lleva a chatarrización a los transportes obsoletos del país.

La chatarra se clasifica en:

- Chatarra reciclada: formada por despuntes, rechazos, etc. Originados en la propia empresa, se trata de la chatarra de excelente calidad. Se la califica como A.
- Chatarra de transformación: producida durante la fabricación de piezas y componentes de acero (virutas de máquinas herramientas, recortes de prensa y guillotinas). Se la califica como B.
- Chatarra de recuperación: suele ser la mayor parte de la chatarra que se emplea en la acería procede del deshuese de edificios con estructura de acero, barcos, automóviles, electrodomésticos, etc. Se la califica como C.



Figura 2 Chatarra en la empresa ANDEC

Antes de llevarla al horno eléctrico pasa por el compactador de la empresa (Vezzani) como se muestra en la Figura 3, en donde se compacta en lotes de 40X40 cm aproximadamente.



Figura 3 Compactador VEZZANI

### 2.1.2 HORNO ELÉCTRICO

Para el 2013 ANDEC contará con una nueva Acería, con un Horno de Arco Eléctrico (Véase en la Figura 4) de capacidad 40 toneladas, el cual está formado por una cuba dividida en una parte inferior revestida de refractario que contiene el acero fundido, y una parte superior compuesta por paneles enfriados con agua que contiene la chatarra durante la carga.

Por encima de la cuba superior se encuentra una bóveda enfriada por agua que asegura el cierre de la unidad de fusión. La bóveda está equipada con agujeros centrales para los electrodos, para el sistema de extracción de humos y la alimentación de aleaciones.

El horno de arco eléctrico DANIELI, con el mecanismo de levantamiento y de rotación que está conectado a la plataforma basculante hace que se incline conjuntamente con el horno para el respectivo vaciado de la colada, con ayuda de un sistema que abre una abertura abajo del horno por el cual se vacía la colada hacia la cuchara del horno, aquí en donde se realiza el afinado de la misma según el grado de acero requerido para la elaboración de las varillas.





Figura 4 Horno de Arco Eléctrico

### 2.1.3 COLADA CONTINUA

Finalizado el afino, la cuchara de colada es llevada hasta la torreta receptora de la colada continua donde vacía su contenido. La colada continua es un procedimiento siderúrgico en el que el acero se vierte directamente en un molde tipo lingote de fondo desplazable, como se muestra en la Figura 5 cuya sección transversal tiene la forma geométrica, en este caso de la palanquilla (sección 130x130).

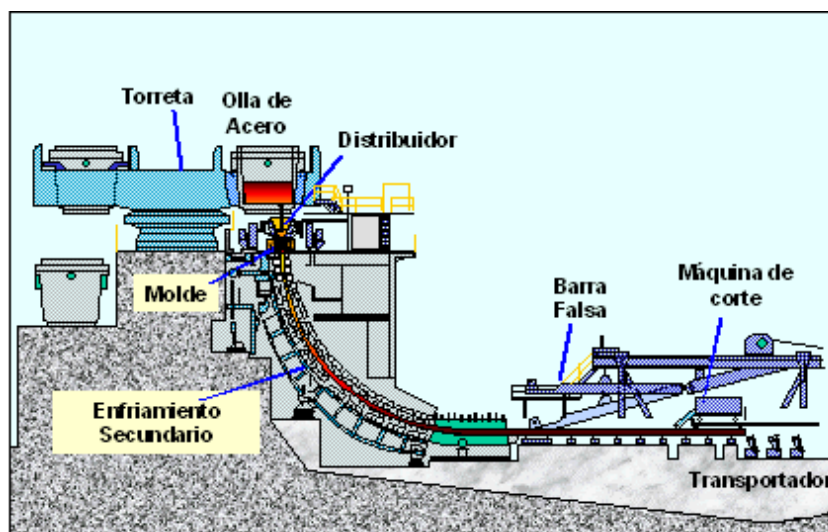


Figura 5 Elementos de la Colada continua (www.oocities.org, s.f.)

La torreta receptora tiene un orificio de fondo, por el que distribuye el acero líquido en tres líneas de colada, cada una de las cuales disponen de su lingotera o molde que sirve para dar forma al producto, generalmente de paredes huecas para permitir su refrigeración con agua.

Posteriormente se aplica un sistema de enfriamiento controlado por medio de aspersores de agua fría primero, y al aire después, cortándose el semi producto en las longitudes deseadas mediante sopletes que se desplazan durante el corte.

#### **2.1.4 PROCESO DE LAMINACIÓN**

Las palanquillas (Véase en la Figura 6) son almacenadas según el grado de acero en los patios de ANDEC, al momento de su utilización son llevadas al horno de precalentamiento en el cual pasan por tres zonas de calentamiento antes de entrar al tren de laminación.



Figura 6 Palanquillas

En este proceso se aprovecha la ductilidad del acero, es decir, su capacidad de deformarse, cuanto mayor es su temperatura. De ahí que la laminación en caliente se realice a temperaturas comprendidas entre 1250 °C, en el proceso, y 800 °C al final del mismo.

##### **2.1.4.1 Horno de Precalentamiento**

En la zona de preparación, la palanquilla es colocada por montacargas en una cama compuesta de rieles para su arreglo adecuado, luego se forman cargas de 4 a 7 palanquillas que son llevadas por la grúa aérea o montacargas hacia el ingreso al horno de precalentamiento.

Se calienta la palanquilla a través de las tres zonas del horno de precalentamiento, (véase en la Tabla 1), hasta alcanzar una temperatura adecuada para el proceso de laminación (Personal de Mantenimiento de Laminación ANDEC).

Tabla 1

## Temperaturas del Horno de Precalentamiento

ZONAS	TEMPERATURA PROMEDIO DE CADA		
	ZONA		
<b>Precalentamiento</b>	950°C	±	200°C
<b>Calentamiento</b>	1080°C	±	200°C
<b>Homogeneización</b>	1200°C	±	100°C

El paso de las palanquillas de una zona a otra se realiza por medio de distintos dispositivos de avance. La atmósfera en el interior del horno de precalentamiento es oxidante, con el fin de reducir al máximo la formación de cascarilla alrededor de la palanquilla.

Luego la palanquilla es sacada del horno con una lanza, hacia un camino de rodillos, y por medio de un transferidor de palanquillas serán llevadas hacia otro camino de rodillos, que permitirán que la palanquilla sea impulsada hacia la primera caja del tren de laminación.

#### 2.1.4.2 Tren de Laminación

Alcanzada la temperatura deseada en toda la masa de la palanquilla, ésta es conducida a través de un camino de rodillos hasta el tren de laminación.

El tren de laminación está formado, como se ha indicado en la Figura 7, por parejas de cilindros que van reduciendo la sección de la palanquilla. Primero de la forma cuadrada a forma de óvalo, y después de forma de óvalo a redonda. A medida que disminuye la sección, aumenta la longitud del producto. El tren se controla de forma automática, por tal motivo la velocidad de las distintas cajas que lo componen va aumentando en la misma proporción en la que se redujo la sección en la anterior.

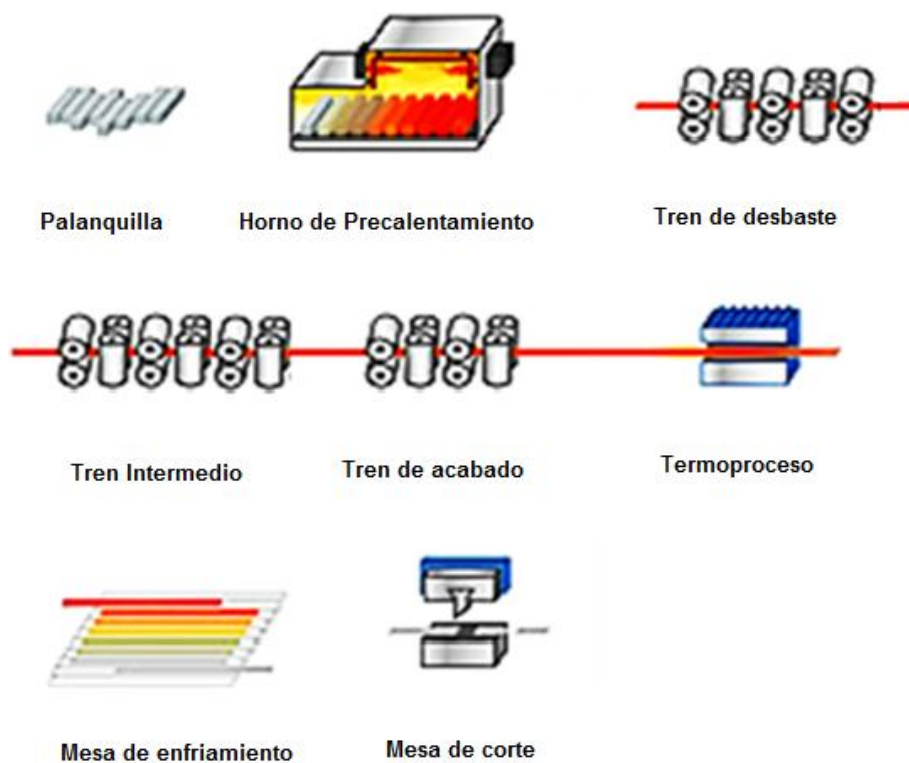


Figura 7 Tren de Laminación

Durante el proceso de laminación la temperatura promedio es de 1000°C. El Tren de Laminación consta de un total de 15 cajas de laminación como se muestra en la Tabla 2, las cuales se dividen en tres partes:

- Tren de desbaste: consta de 5 cajas de laminación, donde la palanquilla sufre una primera pasada muy ligera para romper y eliminar la posible capa de cascarilla formada durante su permanencia en el horno, se realizan reducciones muy fuertes en su sección transversal, al salir del proceso de desbaste es cortada la punta debido a que se producen aberturas.
- Tren intermedio: consta de 6 cajas de laminación donde se continúa reduciendo la sección transversal de los diámetros por medio de sucesivas pasadas en cilindros de diferente sección, al final también es cortada la punta y la cola de la barra.
- Tren acabador: consta de 4 cajas de laminación, donde el producto experimenta su última pasada y obtiene su geometría de corrugado de terminado, según requerimientos y estándares de calidad en los diferentes diámetros de producción (Personal de mantenimiento de laminación de ANDEC).

Tabla 2

## Cajas de Tren de Laminación

	Marca del Motor	Tipo	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Potencia (Kw)	Revoluciones por minuto (rpm)
Caja 1	Indar S.A.	KN 355-Mac:CCS-1	525	528	250	500/1100
Caja 2	Indar S.A.	KN 355-Mac:CCS-1	525	528	250	500/1100
Caja 3	Indar S.A.	KN 355-Mac:CCS-1	525	528	250	500/1100
Caja 4 y 5	Indar S.A.	KN 400-s-b-c	525	1016	500	500
Caja 6 y 7	AEG-de CC	G 364/35/41	800	795	750	875/1650
Caja 8	Indar S.A.	KN 335-L-B-C	460/525	875/759	375	800/1700
Caja 9	Indar S.A.	KN 335-L-B-C	460/525	875/759	375	800/1700
Caja 10	Indar S.A.	KN 335-L-B-C	460/525	875/759	375	800/1700
Caja 11	Indar S.A.	KN 335-L-B-C	460/525	875/759	375	800/1700
Caja 12	Indar S.A.	KN 335-L-B-C	460/525	875/759	375	800/1700
Caja 13	Indar S.A.	KN 335-L-B-C	460/525	875/759	375	800/1700
Caja 14	Indar S.A.	KN 335-L-B-C	460/525	875/759	375	800/1700
Caja 15	Indar S.A.	KN 335-L-B-C	460/525	875/759	375	800/1700

(Personal de Mantenimiento de Laminación ANDEC).

### 2.1.5 PRODUCTO TERMINADO Y ALMACENAJE

La varilla corrugada de ANDEC, ver en la Figura 8, es una clase de acero laminado diseñado especialmente para construir elementos estructurales de hormigón armado. Se trata de barras de acero que presentan resaltos o corrugas que mejoran la adherencia con el hormigón, y poseen una gran ductilidad, la cual permite que las barras se puedan cortar y doblar con mayor facilidad.



Figura 8 Varilla corrugada de ANDEC

En la Tabla 3 se muestran los diámetros de las varillas que se producen en la empresa (Personal de Mantenimiento de Laminación ANDEC).

Tabla 3

## Diámetros Nominales de Varillas ANDEC

Diámetro de varillas (mm)	# de varillas en cada lote	Masa Kg/m		Peso Kg varillas 12 m
		Nominal	Máximo	
8	500	0.395	0.418	5.016
10	330	0.617	0.654	7.848
12	230	0.888	0.941	11.292
14	170	1.208	1.281	15.372
16	130	1.578	1.673	20.07
18	100	1.998	2.117	25.404
20	80	2.466	2.614	31.368
22	70	2.984	3.163	37.956
25	50	3.853	4.085	49.02
28	40	4.834	5.124	61.488
32	30	6.313	6.692	80.304

(Personal de Mantenimiento de Laminación ANDEC).

Las varillas laminadas pasan por la mesa de transporte a la cizalla de corte donde se corta a la media estándar requerida por el mercado que es de 12 metros, terminado este proceso las varillas se agrupan y pasan a la zona de almacenaje, véase en la Figura 9, donde se procede al conteo manual por parte de los operarios, para finalmente pasar a la zona de empaquetado.



Figura 9 Almacenamiento de Varilla

### 2.1.6 DESPACHO

En las naves de almacenamiento se realiza el embarque respectivo de varilla, véase la Figura 10, por medio de plataformas de acuerdo al transporte contratado, los cuales son los encargados de distribuir a todo el país.



Figura 10 Embarque de varilla en Transporte

Después de embarcar las varillas en los transportes respectivos se realiza el pesaje en la balanza de despacho de acuerdo a lo solicitado por el cliente, ver en la Figura 11, y posteriormente se dirigen a sus destinos.



Figura 11 Balanza de Despacho

## **2.2 ESTUDIO DEL PROCESO DE CORTE EN LA EMPRESA ANDEC**

Los procesos de corte se definen como los tipos de métodos que se emplean para separar materiales mediante corte, teniendo en cuenta que material se debe cortar de forma que se aplique el método más apropiado, también tomando en cuenta el tipo de acabado de corte que se desea.

### **2.2.1 TIPOS DE PROCESOS**

Los procesos de corte más empleados son:

- Corte por inyección de agua.
- Corte con plasma.
- Corte con láser.
- Oxicorte.

### 2.2.1.1 Corte por inyección de agua

Es un proceso de índole mecánica, mediante el cual se consigue cortar cualquier material, haciendo impactar sobre éste un chorro de agua mezclado con arena abrasiva a gran velocidad y presión que produce el corte deseado.

Al ser un procedimiento de corte en frío resulta especialmente interesante, ya que el material no se puede ver afectado por el calor.

En relación al espesor de la pieza a cortar cabe decir que sirve desde 5 mm, que es cuando empezaría a ser rentable usar este método, hasta espesores de 200 mm en cualquier material, llegando incluso a los 400 mm usando eso sí aplicaciones especiales, esto va en función del tipo de material. La presión aproximada es de 4000 bares (Julio Serrano, 2005). (Véase en la Figura 12)

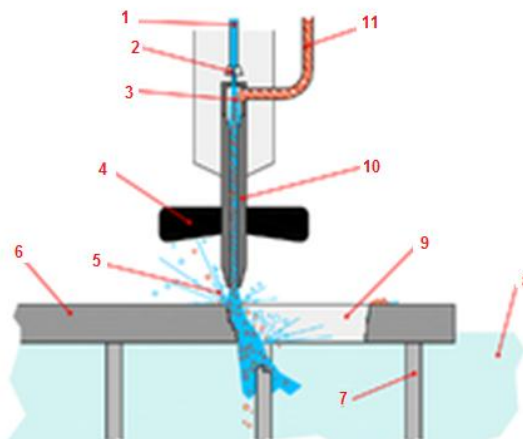


Figura 12 Corte por inyección de agua  
(Wikipedia, s.f.)

Elementos del diagrama de una máquina de corte por chorro de agua. 1. Alta presión de agua 2. Enfoque 3. Cámara de mezcla 4. Tapa 5. Salpicaduras 6. Pieza de trabajo 7. Pieza de red permanente 8. Agua 9. Parte de la pieza de trabajo cortada 10. Boquilla 11. Arena abrasiva.



### 2.2.1.2 Corte por Plasma

El fundamento del corte por plasma se basa en elevar la temperatura del material a cortar de una forma muy localizada y por encima de los 30.000 °C, llevando el gas hasta el plasma. El procedimiento consiste en provocar un arco eléctrico estrangulado a través de la sección de la boquilla del soplete, sumamente pequeña, lo que concentra la energía cinética del gas, ionizándolo, lo que le permite cortar. El chorro de plasma lanzado contra la pieza penetra la totalidad del espesor a cortar, fundiendo y expulsando el material. La ventaja principal de este sistema radica en su reducido riesgo de deformaciones debido a la compactación calorífica de la zona de corte (Ing. J. Gpe. Octavio Cabrera Lazarini M.C., Corte por Plasma). (Véase en la Figura 13)



Figura 13 Corte por Plasma

(Ing. J. Gpe. Octavio Cabrera Lazarini M.C., Corte por Plasma)

El comienzo del corte es prácticamente instantáneo y produce una deformación mínima de la pieza que permite cortar a altas velocidades y produce menos tiempos muertos, (no se necesita precalentamiento para la perforación).

Permite espesores de corte de 0.5 a 160 milímetros, con unidades de plasma de hasta 1000 amperes, se consiguen cortes de alta calidad y muy buen acabado.

### 2.2.1.3 Corte por Láser

En el corte mediante láser se utiliza la radiación procedente de la fuente láser para calentar la pieza hasta alcanzar la temperatura de fusión, al tiempo que una corriente de gas a presión arrastra el material fundido (Ing. J. Gpe. Octavio Cabrera Lazarini M.C., Corte con láser).

El haz láser focalizado sobre la pieza tiene unas dimensiones mínimas, de modo que actúa como una herramienta puntual, por tanto, la zona afectada térmicamente es muy limitada, lo que evita la aparición de distorsiones en piezas que pueden tener contornos muy complejos. (Véase en la Figura 14)

Las fuentes láser utilizadas son de media y baja potencia (de 0,4 a 1,2 kW), consiguiéndose realizar cortes en piezas de espesores que van desde los 0,5 a los 8 mm, con tolerancias entre +/- 0,05 y +/- 0,1 mm.

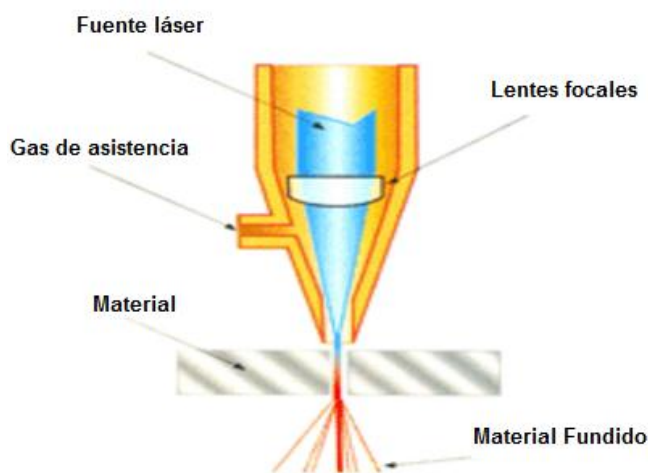


Figura 14 Corte por Láser

(Ing. J. Gpe. Octavio Cabrera Lazarini M.C., Corte con láser)

#### 2.2.1.4 Oxicorte

El oxicorte se fundamenta en la combustión del hierro o principio de oxidación del metal, que se produce al proyectar sobre el material calentado a la temperatura de ignición, un chorro fino de oxígeno a presión, combinándose el oxígeno con el hierro dando como resultado óxido de hierro (Manual de corte-soldadura perforación, 2005,).

El oxicorte se debe a estos siguientes principios:

- El hierro se quema al combinarse con el oxígeno desprendiendo una gran cantidad de calor (reacción exotérmica), cuando se ha calentado a la temperatura de ignición (1000°C).
- La temperatura de ignición del hierro es inferior a la temperatura de fusión del hierro (1500°C).
- La temperatura de fusión del óxido de hierro que oscila alrededor de los 1200°C es también inferior a la de fusión del metal. De este modo la escoria

se funde, mientras que el resto del metal próximo a la zona de corte permanece en estado sólido, lo cual explica la limpieza del corte obtenido, la evacuación del resultado de esa combustión es favorable por la energía cinética del chorro de oxígeno.

Los gases comúnmente utilizados son:

- $O_2 + \text{acetileno} = 3200^\circ\text{C}$
- $O_2 + \text{propano} = 2700^\circ\text{C}$

Si los óxidos son líquidos favorecen que la reacción de oxidación se propague.

Al ser arrastrada la escoria, los bordes siguen sólidos y oxidados a los lados del corte, con lo cual se logra una limpieza aceptable, pudiendo cortarse espesores de consideración (hasta 900mm). (Véase en la Figura 15)



Figura 15 Oxicorte

(Manual de corte-soldadura perforación, 2005.)

Tabla 4

Presión y Velocidad recomendada de Oxicorte de acuerdo al espesor

Espesor (mm)	Soplete Simple		Soplete Doble, de Chaflanes, Etc.				
	Presión (Bar)	Velocidad de corte (mm/min)		Espesor (mm)	Presión (Bar)	Velocidad de corte (mm/min)	
		Recto	Curvo			Recto	Curvo
3 y 4	2	700	600	3		800	530
5 y 6	4	730	630	5	2 a 4	750	480
6 y 7		730	630	10		700	400
8 y 9	5 a 7,5	700	600	10	3 a 4	640	460
10		660	560	15		550	400
15		620	520	20		520	360
15	7 a 8	620	520	25	4 a 5	500	330
20		560	460	25		530	360
25		520	420	30		460	300
25	7,5 a 8,5	520	420	40		400	260

Continua 

30		500	400	50		350	250
35		480	380	50		390	260
40		430	360	60	4 a 5	320	230
40		430	360	80		300	210
50	7 a 7,5	410	310	90		320	220
60		380	290	100	4 a 5	300	200
60		390	290	120		270	170
75	6 a 8	340	270	120		300	190
100		330	250	150	5 a 6	200	150
100		340	250	200		170	120
150	7,5	260	210	200		190	130
200		170	160	250	6	140	110
200		170	160	300		120	90
250	7,5	150	140				
300		130	110				

(El corte mediante oxicorte: Operación y guías prácticas,)

### 2.2.2 PROCESO DE CORTE EN ANDEC

El proceso de corte actual de palanquilla importada en la empresa ANDEC es el oxicorte manual, los operadores del sistema pertenecen al área de laminación los cuales efectúan el procedimiento en los patios de la empresa al frente de la nave de almacenamiento y despacho.

Para comenzar con el proceso de oxicorte, primeramente se adecua soportes de palanquilla (fuera de norma) sobre el suelo, dando la forma de una cama para ahí colocar las palanquillas importadas. De acuerdo a la disponibilidad de montacargas logran llenar la cama de palanquilla en menos tiempo, ellos las movilizan desde el lugar de almacenamiento hacia la cama, luego se comienzan a medir la longitud deseada de corte y se marca con tiza para comenzar con el proceso de oxicorte correspondiente.

Luego se procede a retirar las palanquillas de aproximadamente 4 metros para almacenarlas en los patios hasta el momento de su utilización para el proceso de elaboración de varilla.

## **CAPITULO 3**

### **DISEÑO DEL SISTEMA**

#### **3.1 DISEÑO CONCEPTUAL**

##### **3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO**

Se necesita realizar el diseño de un sistema de corte para la palanquilla importada, dentro de la empresa, que nos permita obtener la longitud solicitada por el área de laminación para tener menos desperdicios en la mencionada palanquilla.

##### **3.1.2 CARACTERÍSTICAS**

Se debe tener en cuenta los siguientes requerimientos para realizar el diseño:

- El terreno donde se coloque el sistema debe estar sobre una estructura de hormigón armado, el cual tiene que estar nivelado.
- Un lugar adecuado para bajar los tiempos de transportación de las palanquillas importadas del lugar de trabajo hacia el horno de precalentamiento, este sería cerca del horno de precalentamiento.
- Un corte continuo en la palanquilla y que minimice tiempos para cortar la palanquilla importada de 12 metros, en partes de 4 metros para así poder comenzar el procedimiento en el horno de precalentamiento y posteriormente al proceso de laminación.
- Un corte recto para que no haya problemas en el tren de Laminación.
- Laminación produce alrededor de 160 palanquillas por cada turno de 8 horas. Cuando es necesario se dedica otro montacargas para elevar su producción diaria.

##### **3.1.3 ESTANDARES**

###### **3.1.3.1 Proceso actual de corte en la empresa ANDEC S.A**

Para seguir con la implementación del nuevo sistema de corte, se debe tener en cuenta los estándares que se desarrollan en el proceso actual. Por tal razón a continuación se realizará un diagrama de flujo del mencionado proceso para observar

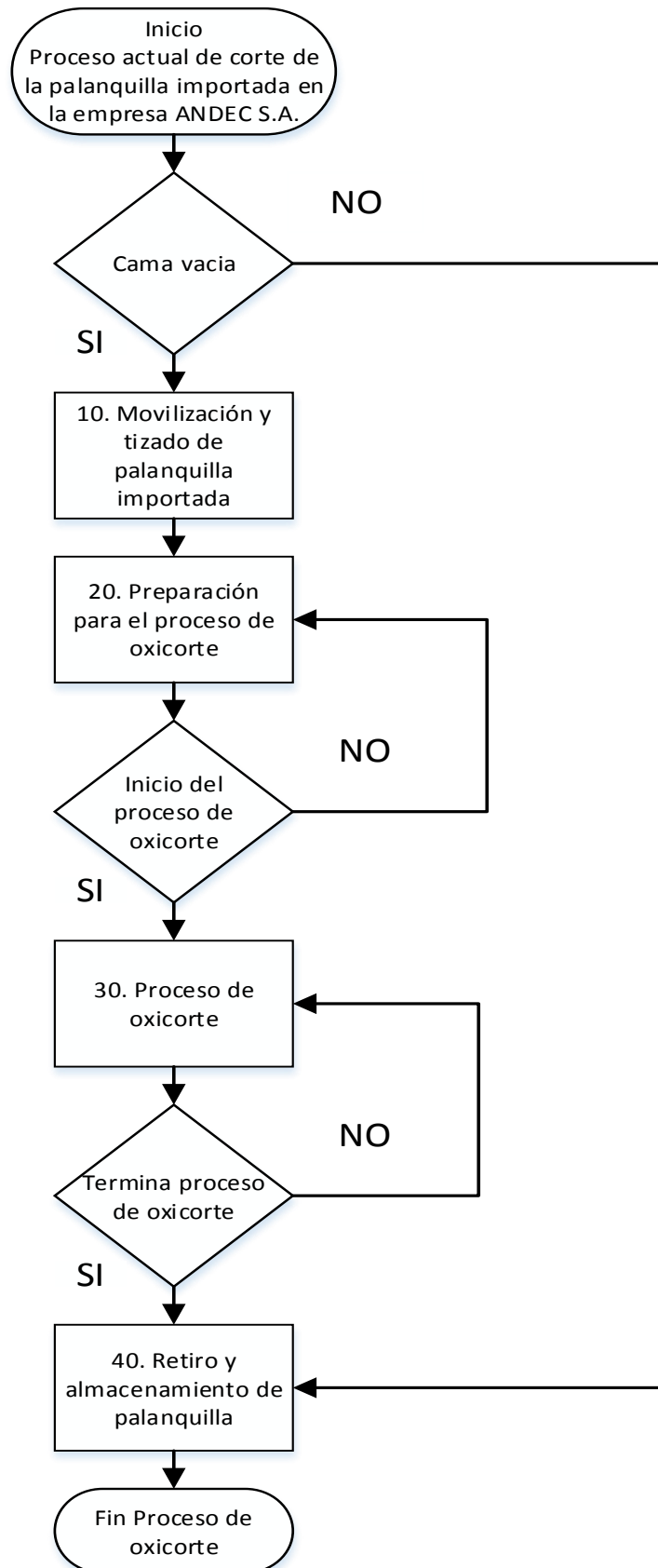
detenidamente sus fases y así proceder a encontrar los puntos en los que se va a realizar las mejoras en el nuevo proyecto.

Además se describirá cada una de sus fases para conocerlas y obtener sus debilidades.

Se debe tener en cuenta que el sistema hecho por los trabajadores de ANDEC, se encuentra una cama hecha por palanquillas importadas fuera de norma, en la cual se asientan las palanquillas que van a entrar en el proceso de oxicorte.

Tenemos como dato referencial para realizar la Ingeniería conceptual, básica y de detalle de un sistema para corte regulable en las palanquillas importadas; un consumo de 96.000 toneladas de la palanquilla importada en el año 2012, por parte de ANDEC, dicha cantidad puede tener cambios dependiendo de su necesidad y también se debe considerar que por sus nuevos proyectos de inversión la mencionada cantidad va a disminuir. Además este consumo no va a aumentar ya que el abastecimiento principal de palanquilla para el horno del área de laminación es su horno de fundición.

## 3.1.3.1.1 Diagrama de Flujo



### 3.1.3.1.2 Descripción

A continuación se detalla el diagrama de flujo que contiene el proceso actual:

#### 10 Movilización y tizado de palanquilla

- Para movilizar la palanquilla desde su almacenamiento a la cama de trabajo el tiempo aproximado es de 3 minutos, por lotes de 5 palanquillas.
- El tizado se produce de forma paralela por lo que al final se adicionara 5 minutos para amortizar el tiempo de tizado.

#### 20 Preparación para el oxicorte

- Ajuste del termo de comburente y combustible, el tiempo aproximado es de 5 min.
- Llevar antorcha y mangueras al lugar de corte el tiempo aproximado es de 5 min.

#### 30 Proceso de oxicorte

- Para el proceso de oxicorte de cada lado de palanquilla el tiempo aproximado es de 40 segundos por cortador.
- El tiempo que cada soldador se acomoda para cambiar de palanquilla es de aproximadamente 15 segundos.
- Con estos tiempos un soldador tiene de promedio por corte de palanquilla aproximadamente 1 minuto.

#### 40 Retiro y almacenamiento de palanquilla

- Para movilizar desde la cama de corte hasta el lugar de almacenamiento es de 5 minutos.

En la Tabla 5 se describe cada tiempo en el proceso actual de corte de palanquilla de ANDEC.



Tabla 5

## Datos de corte de Palanquilla importada actual

Proceso Actual de ANDEC para un total de 40 palanquillas						
Actividad N°	Nombre	# Operadores	Tiempo unitario (min)	# Lotes Total Palanquillas	Tiempo total (min)	% Actividad
10	Movilización y tizado de palanquilla (5 palanquillas)	1 Montacargas	3	8 40	29	27,35%
20	Preparación para oxicorte (40 palanquillas)	6 Operadores	5	- -	5	4,27%
30	Proceso de oxicorte (1 Cortador)	6 Operadores	1	40 80	40	34,19%
40	Retiro y almacenamiento de palanquilla (120 palanquillas)	1 Montacargas	5	8 120	40	34,19%
					114	100,0%
					Tiempo Total (horas) =	1,90
					Tiempo Total Neto (min) =	<b>1 Hora 54 Minutos</b>

(Datos de corte Palanquilla importada actual)

El proceso promedio actual alcanza un tiempo máximo de producción de 114 minutos por cada 40 palanquillas, este proceso se lo realiza con 1 montacargas, obteniendo por cada turno 154 palanquillas. Cuando el horno se encuentra en mantenimiento, tiene falta de insumos u otras actividades que impidan su desempeño normal, se dedica un segundo montacargas llegando a un tiempo estimado de 78 minutos por cada 40 palanquillas.

Se debe tener en cuenta también los siguientes parámetros:

- En el proceso de oxicorte se consume 5 mm de la palanquilla.
- El termo que contienen el combustible y el comburente para realizar los oxicorte en la empresa ANDEC duran aproximadamente 1500 cortes.
- El proceso con la máquina de oxicorte se debe realizar con la boquilla # 7 como mínimo, pudiendo utilizar boquillas más grandes como la # 8, estas dan buen acabado de corte a las palanquillas.

- El ancho del montacargas es 2,60 metros.
- Separación entre uñas de montacargas para cargar las palanquillas 1,25 metros.

Los aspectos generales y técnicos de la palanquilla importada por la empresa ANDEC son:

- Al momento de adquirir la palanquilla al exterior, ANDEC se basa en la norma INEN 105, la cual detalla las características técnicas que deben tener para la importación.
- ANDEC importa palanquilla desde países como: Brasil, Turquía, Estados Unidos, Venezuela, México, y últimamente de Canadá.
- Cuando estas llegan se someten a un control de calidad dependiendo del número de colada en que son producidas y del grado de acero correspondiente, los certificados enviados por los proveedores de palanquilla son comparados con los realizados en la empresa.
- Además se realiza un muestreo para aceptar o rechazar el lote de palanquilla, en donde los inspectores de control de calidad efectúan una inspección física haciendo mediciones de sección de la longitud real con sus respectivas tolerancias, para corroborar si cumple con las normas establecidas además observan si tienen defectos físicos y superficiales.

Basándonos en las 96.000 toneladas de palanquilla importada y conociendo que cada palanquilla pesa 1,5 toneladas se obtiene la cantidad de palanquillas consumidas anualmente. Véase en la tabla 6.

Tabla 6

Promedio de palanquilla en el proceso de oxicorte

<b>Toneladas necesarias anuales</b>	96.000
<b>Peso palanquilla (Ton)</b>	1,5
<b>Total palanquillas anuales</b>	64.000

Es de indicar que en el proceso actual, dependiendo de la necesidad ANDEC realiza diferentes alternativas, las cuales se describen a continuación:

- Alternativa 1.- 1 turno, 6 personas y 1 montacargas
- Alternativa 2.- 2 turno, 12 personas y 1 montacargas
- Alternativa 3.- 3 turno, 16 personas y 2 montacargas

A continuación se observa la tabla 7, en la cual se hace una estimación al momento de elegir las alternativas para llegar a cumplir con el corte de las 64.000 palanquillas anualmente.

Tabla 7

**Estimación de alternativas utilizadas anualmente en proceso actual**

Meses	Turnos	Palanquillas por día	Nº de días	Total Palanquillas mensuales
1	1	154	22	3388
2	3	600	20	12000
3	1	154	19	2926
4	2	308	22	6776
5	2	308	21	6468
6	3	600	21	12600
7	1	154	23	3542
8	1	154	21	3234
9	1	154	22	3388
10	1	154	23	3542
11	1	154	20	3080
12	1	154	20	3080
<b>Total palanquillas anuales</b>				<b>64024</b>

### 3.1.3.2 Sistema propuesto de corte en la empresa ANDEC S.A.

El sistema propuesto para mejorar el corte actual de la empresa ANDEC propone:

- Mejorar el terminado de corte de palanquilla para evitar problemas en el momento de laminación,
- Disminuir el tiempo de corte de las palanquillas importadas,
- Elevar la cantidad de palanquillas cortadas,

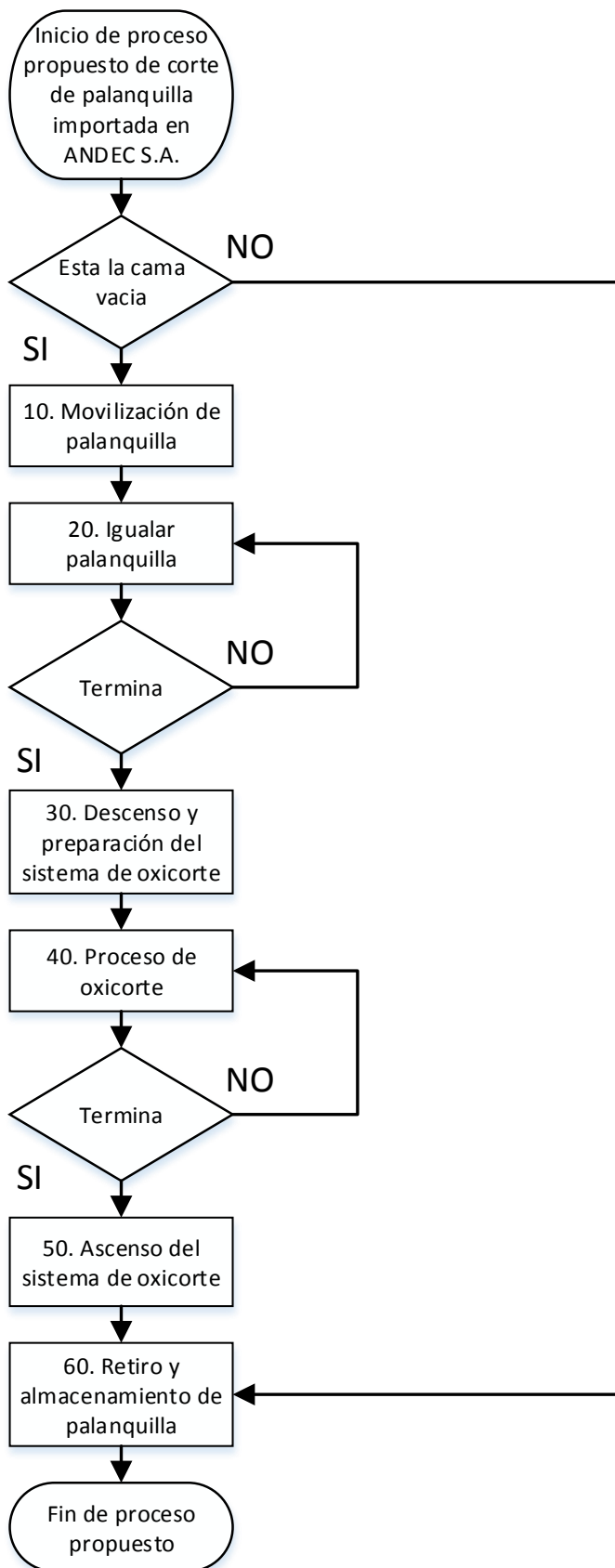
Para continuar con el estudio y seguir con el diseño del mencionado sistema se realizó una prueba de corte de la palanquilla importada, éste se efectuó con la maquinaria de oxicorte que se utiliza en la empresa, del cual se obtuvieron los siguientes datos:

- El precalentamiento del oxicorte es aproximadamente entre 3 y 5 segundos.
- Se tuvo un corte recto a diferencia de los cortes realizados por los cortadores de ANDEC, lo cual disminuye los problemas en el proceso de laminación.

- El oxicorte se efectuó correctamente en la primera palanquilla pero en la segunda no prosiguió el corte y no se obtuvo corte continuo en el conjunto de palanquilla por motivo de falta de precalentamiento en la palanquilla siguiente, cuando se usa solo una antorcha de oxicorte, por tal motivo debe aplicarse el proceso con una segunda boquilla para precalentar la palanquilla siguiente.
- El tiempo de corte de cada palanquilla es de 30 segundos por lo que el corte de la cama de 40 palanquillas seria aproximadamente de 20 min.
- Las boquillas para el proceso de oxicorte de las palanquillas debe ser mínimo # 7.
- La máquina de oxicorte (tortuga) tiene maniobrabilidad lo que nos permite regular la distancia de corte para obtener la longitud requerida.
- El proceso de oxicorte produce un canal de 5 mm de ancho en la palanquilla haciendo el corte.
- La tortuga se desplaza por medio de rieles.
- La velocidad de corte es regulable.

A continuación se observa el diagrama de flujo con el sistema de corte a diseñar y luego se encuentra las descripciones de cada fase que se va a realizar en el nuevo proyecto.

## 3.1.3.2.1 Diagrama de Flujo



### 3.1.3.2.2 Descripción

Se indica que la actividad 40 con relación al proceso actual de ANDEC queda idéntica, pero el número de actividad cambia a 50.

Cabe indicar que el sistema propuesto debe estar construido sobre una superficie nivelada que no ceda con el tiempo, ya que si no está nivelada el procedimiento de corte no va hacer el correcto.

A continuación se detalla las nuevas actividades del diagrama de flujo del sistema propuesto:

#### 10 Movilización de palanquilla

- Para movilizar las palanquillas desde su almacenamiento hasta la cama de vigas donde se realizará el proceso de oxicorte, el montacargas demora un tiempo aproximado de 4 minutos, por lotes de 5 palanquillas de 12 metros de longitud.

#### 20 Igualar las palanquillas

- Con un sistema hidráulico se procederá a alinear horizontalmente las palanquillas, el tiempo aproximado por cada lote de 40 palanquillas es de 1 minutos.
- Para disminuir los espacios entre palanquillas los montacargas empujan las palanquillas contra unos topes, el tiempo aproximado por cada lote es de 5 palanquilla es de 1 minuto.
- El proceso se realizará una vez terminada la actividad 10, por lo que esta actividad estima un tiempo de 2 minutos.

#### 30 Descenso y preparación del sistema de oxicorte

- El sistema de oxicorte baja hasta la medida requerida con un sistema hidráulico, el tiempo aproximado es de 2 minutos.
- Ajuste de la máquina de oxicorte de comburente y combustible por parte del operador, tiene un tiempo aproximado de 3 min.
- Arreglar la antorcha para comenzar con el proceso de oxicorte en la posición deseada, según la longitud solicitada por el departamento de laminación, tiene un tiempo aproximado de 3 min.

#### 40 Proceso de oxicorte

- El precalentamiento de la palanquilla para el proceso de oxicorte es aproximadamente entre 3 y 5 segundos.
- Para el proceso de oxicorte de cada palanquilla, el tiempo aproximado es de 30 segundos realizado por la máquina de oxicorte, en la cama de vigas dispondrá de 40 palanquillas, por tal motivo se estima un tiempo de 20 minutos.

#### 50 Ascenso del sistema de oxicorte

- El sistema de oxicorte sube hasta la medida requerida con un sistema hidráulico para que los montacargas puedan evacuar las palanquillas cortadas, el tiempo aproximado es de 2 minutos.

#### 60 Retiro y almacenamiento de palanquilla

- Para movilizar las palanquillas desde la cama de vigas donde se realiza el corte hasta el lugar de almacenamiento, el montacargas demora un tiempo estimado es de 5 minutos, por cada lote de 15 palanquillas de 4 metros de longitud.

En la Tabla 8 se indican las actividades del nuevo sistema propuesto de corte de palanquilla en ANDEC, de igual manera se describe cada una de estas con su debido tiempo estimado en el sistema propuesto.

También se observa el porcentaje que influye cada actividad en el nuevo proceso de corte.

Es de indicar que para el proceso propuesto se debe tener 2 montacargas dedicados para su funcionamiento al 100%.

Tabla 8

## Parámetros del nuevo sistema propuesto de oxicorte

Proceso del sistema propuesto para ANDEC para un total de 40 palanquillas							
Actividad N°	Nombre	# Operadores	Tiempo unitario (min)	# Lotes Total Palanquillas	Tiempo total (min)	% Actividad	
10	Movilización de palanquilla (5 palanquillas)	1 Montacargas	4	8	40	32	23,2%
20	Igualar palanquillas (5 palanquillas)	-	2	8	40	2	4,3%
30	Descenso y preparación del sistema de oxicorte	2 Operadores	8	1	-	8	11,6%
40	Proceso de oxicorte (40 palanquilla)	-	20	-	-	20	29,0%
50	Ascenso del sistema de oxicorte	-	2	1	-	2	2,9%
60	Retiro y almacenamiento de palanquilla	1 Montacargas	5	8	40	40	29,0%
						104	100,0%
<b>Tiempo Total (horas) =</b>						<b>1,73</b>	
<b>Tiempo Total Neto=</b>						<b>1 Hora , 44 Minutos</b>	

El proceso promedio propuesto alcanza un tiempo máximo de producción de 104 minutos por cada 40 palanquillas, este proceso se lo realiza con 1 montacargas, obteniendo en cada turno el corte de 169 palanquillas. Cuando el horno se encuentra en mantenimiento, tiene falta de insumos u otras actividades que impidan su desempeño normal, se puede dedicar un segundo montacargas llegando a un tiempo estimado de 68 minutos por cada 40 palanquillas.

Es de indicar que en el proceso propuesto, se recomiendan las siguientes alternativas:

- Alternativa 1: 2 turno, 4 personas y 1 montacargas, los 6 primeros meses



- Alternativa 2: 1 turno, 2 personas y 1 montacargas, los 6 últimos meses

A continuación se observa la tabla 9, en la cual se hace la alternativa del proceso propuesto para llegar a cumplir con el corte de las 64.000 palanquillas anualmente.

Tabla 9

Estimación alternativas utilizadas anualmente en el sistema propuesto

Meses	Turnos	Palanquillas por día	Nº de días	Total Palanquillas mensuales
1	2	338	22	7436
2	2	338	20	6760
3	2	338	19	6422
4	2	338	22	7436
5	2	338	21	7098
6	2	338	21	7098
7	1	169	23	3887
8	1	169	21	3549
9	1	169	22	3718
10	1	169	23	3887
11	1	169	20	3380
12	1	169	20	3380
<b>Total Palanquillas anuales</b>				<b>64051</b>

Es de indicar que ANDEC deberá decidir la cantidad de turnos necesarios según su necesidad actual de palanquilla, por tal razón la alternativa propuesta puede cambiar.

### 3.1.3.3 Diferencia de palanquilla, proceso promedio Actual-Propuesto

Según la tabla 7 que contiene el tiempo estimado del proceso promedio actual de oxicorte de la empresa y la tabla 8 en donde se observa el tiempo estimado del sistema propuesto, todo esto utilizando 1 montacargas, se obtiene la diferencia de palanquillas que es producida por el nuevo proyecto al momento de implementarse llevándose a cabo en 1 turno, véase en la tabla 10.

Tabla 10

## Diferencia palanquilla, proceso promedio Actual-Propuesto por turno

	Tiempo de cada proceso	Número de Procesos al día (8 Horas)	Cantidad de palanquillas	Diferencia de palanquilla, proceso Actual-Propuesto	Aumento de Producción
<b>Proceso promedio actual (40 palanquillas)</b>	114 min	4	154		
				15	9,7 %
<b>Proceso promedio propuesto (40 palanquillas)</b>	104 min	4,3	169		

Es de indicar que ANDEC, realizo el corte de las 96.000 toneladas utilizando 16 trabajadores.

Además, es necesario conocer la diferencia cuando se utilice 2 montacargas ya que en tiempos de eventualidades del horno de fundición, el corte de palanquilla importada abastecerá al área de laminación y quedará a disposición de ANDEC que se dedique otro montacargas. (Véase en la tabla 11)

Tabla 11

## Diferencia palanquilla, proceso promedio Actual-Propuesto por día con un segundo montacargas dedicado

	Tiempo de cada proceso	Número de Procesos al día (24 Horas)	Cantidad de palanquillas	Diferencia de palanquilla, proceso Actual-Propuesto	Aumento de Producción
<b>Proceso promedio actual (40 palanquillas)</b>	78 min	18	640		
				160	25 %
<b>Proceso promedio propuesto (40 palanquillas)</b>	68 min	20	800		

## 3.1.3.4 Comparación sistema actual – propuesto

De la descripción de los sistemas obtenemos las siguientes conclusiones:

- El sistema propuesto es 10 minutos más rápido al cortar 40 palanquillas que en el anterior.
- Con relación a las normas OSHAS 18001 implementadas en la empresa el sistema propuesto cuida más la salud del trabajador ya que no está en contacto con los gases producidos por el proceso de oxicorte.
- Se reduce de 6 a 2 el personal de trabajo por turno.
- Se recomienda a ANDEC tener un lote de palanquillas de reserva, de tal manera no haya necesidad de 3 turnos y de dedicar otro montacargas al proceso.

### **3.2 ALTERNATIVAS DE DISEÑO**

Se analizarán tres alternativas del sistema propuesto del cual obtendremos el diseño del sistema de corte de palanquilla importada de la empresa ANDEC, para seleccionar esté sistema es necesario conocer las ventajas y desventajas que cada uno ofrece, los parámetros son importantes ya que nos ayudaran a tomar en cuenta la decisión final para el respectivo diseño, los cuales se citan a continuación:

- Longitud de la palanquilla solicitada,
- Sistema para igualar las palanquillas,
- Proceso de oxicorte,
- Maniobrabilidad del oxicorte,
- Facilidad de montaje,
- Recursos humanos.

1. Longitud de la palanquilla solicitada. De acuerdo al diámetro de la varilla, la longitud de cada palanquilla cambia, el sistema propuesto deberá ser diseñado para que las longitudes sean las solicitadas.

Las palanquillas importadas se cortarán en longitudes de 4000 mm hasta 4150 mm.

2. Sistema para igualar las palanquillas. Para realizar un corte continuo se deben igualar las palanquillas horizontalmente y juntarlas para eliminar el haz de luz que exista entre ellas.

3. Proceso de oxicorte. Debe dar un acabado recto a cada palanquilla y debe ser continuo con todo el conjunto.

4. Maniobrabilidad del oxicorte. El sistema de oxicorte debe dar las medidas solicitadas, y no debe haber muchos problemas al momento de realizar los cambios de medidas.

5. Facilidad de montaje y desmontaje. Con relación a la unión permanente o no permanente de sus elementos.

6. Recursos Humanos. Personal que se necesita para operar el sistema.

Después de conocer los parámetros para la elección del diseño, se procede a plantar las alternativas.

### **3.2.1 PRIMERA ALTERNATIVA**

En esta alternativa se describe el proceso de oxicorte según los parámetros que debe tener el nuevo sistema:

1. Longitud de la palanquilla solicitada, de acuerdo a las medidas previstas se diseñó una cama construida con vigas IPE, entre las cuales encontraremos separaciones para cortar la palanquilla según la longitud deseada, con el sistema de oxicorte.
2. Sistema para igualar las palanquillas, un sistema de cilindros hidráulicos las igualará longitudinalmente con la ayuda de una guía fija del lado opuesto. Con ayuda de la fuerza de un montacargas se juntarán las palanquillas transversalmente.
3. Proceso de oxicorte, una máquina de oxicorte se encuentra instalada sobre una viga la cual se traslada transversalmente para realizar el corte.
4. Maniobrabilidad del oxicorte, la máquina de oxicorte se ajustará a las medidas solicitadas deslizándose de izquierda a derecha.
5. Facilidad de montaje y desmontaje, todas las uniones se van a realizar con soldadura.
6. Personal para su operación, 2 personas.

En la figura 16 se presenta el esquema de la primera alternativa.

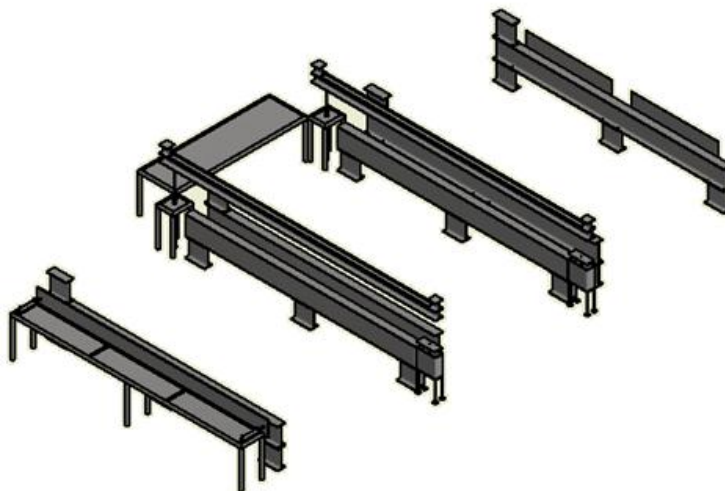


Figura 16 Esquema primera alternativa

#### Análisis

- La primera alternativa carece de seguridad y estabilidad por parte de la viga de apoyo de la máquina de oxicorte.
- Con una guía fija no garantiza igualar las palanquillas.
- Elementos soldados los cuales no podrán ser cambiados por desgaste u otro motivo.
- En el sistema de igualación puede igualar un lado pero por el otro pueden quedar desalineadas.

### **3.2.2 SEGUNDA ALTERNATIVA**

Se planteó una manera para maniobrar con la maquinaria de oxicorte y para igualar la palanquilla, con 2 sistemas hidráulicos uno en cada extremo, a continuación se describe el proceso de oxicorte según los parámetros que debe tener el nuevo sistema:

1. Longitud de la palanquilla solicitada, igual que la primera alternativa.
2. Sistema para igualar las palanquillas, con 2 sistemas hidráulicos uno en cada extremo los cuales realizarán las siguientes actividades:
  - El principal realizará el procedimiento de alinear las palanquillas, con la ayuda de una barra y un sistema pivote,
  - El secundario servirá de guía de las palanquillas, con ayuda de una placa guía.

3. Proceso de oxicorte, se realizará una estructura metálica en la cual se efectuará el montaje de la máquina de oxicorte.
4. Maniobrabilidad del oxicorte, la máquina de oxicorte se ajustará a las medidas solicitadas deslizándose de izquierda a derecha con un sistema de avance y retroceso manual.
5. Facilidad de montaje y desmontaje, todas las uniones se van a realizar con pernos.
6. Personal para su operación, 2 personas.

En la figura 17 se presenta el esquema de la primera alternativa.

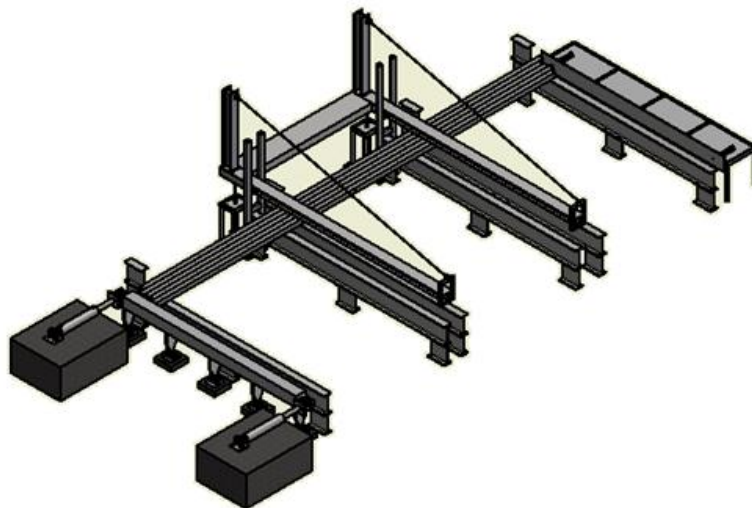


Figura 17 Esquema segunda alternativa

#### Análisis

- El sistema hidráulico guía garantiza que las palanquillas puedan alinearse con el sistema principal en la cama de vigas
- El sistema hidráulico principal se encuentra con una estructura cuadrada maciza la cual igualara las palanquillas, el apoyo de la mencionada estructura es mediante pivote lo que no garantiza que las 40 palanquillas se igualen correctamente.
- La estructura que soporta la máquina de oxicorte no presenta seguridad ya que esta no estará fija.
- Existe maniobrabilidad en el manejo de la máquina de oxicorte.

### 3.2.3 TERCERA ALTERNATIVA

Pensando en la maniobrabilidad y también en eliminar los tiempos muertos son unas de las características esenciales de la tercera alternativa, a continuación se describe el proceso de oxicorte según los parámetros del nuevo sistema:

1. Longitud de la palanquilla solicitada, igual que la primera alternativa.
2. El sistema para igualar las palanquillas, igual que la segunda pero se cambiara el diseño de la estructura que esta con los cilindros hidráulicos para un mejor alineamiento de las palanquillas.
3. Proceso de oxicorte, igual que la segunda se mejorará el diseño para que la estructura base de la máquina de oxicorte se quede fija y no permita tolerancias mayores a 5 mm.
4. Maniobrabilidad del oxicorte, igual a la segunda.
5. Facilidad de montaje y desmontaje, las uniones que se puedan se realizaran con pernos para facilidad de desmontaje y habrá fijas con soldaduras.
6. Personal para su operación, 2 personas.

En la figura 18 se presenta el esquema de la primera alternativa.

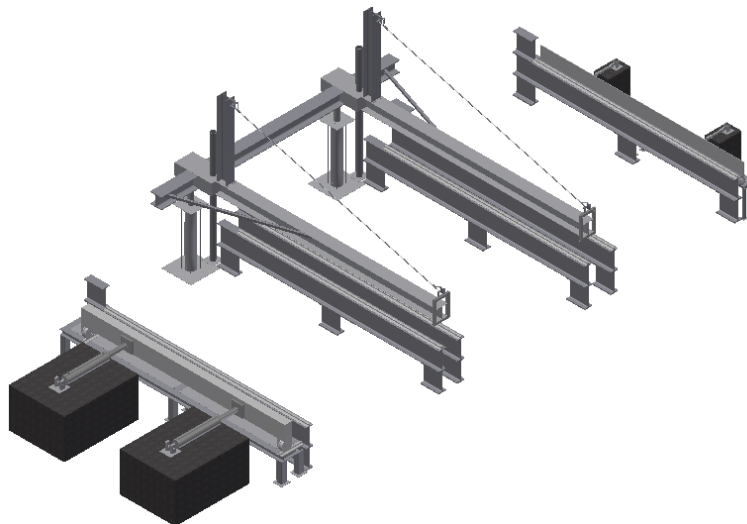


Figura 18 Esquema tercera alternativa

#### Análisis

- El sistema hidráulico de alineamiento se encuentra empernado con una estructura de hormigón armado la cual debe estar nivelada, la barra cuadrada para alinear se encuentra en una estructura soporte lo que permitirá deslizarse con ruedas y así alinear las palanquillas de una manera homogénea.

- La estructura que soporta la máquina de oxicorte presenta seguridad con un eje para no tener movimiento.

### **3.2.4 MATRIZ DE COMPARACIÓN ENTRE ALTERNATIVAS**

Se basa en la priorización de los parámetros en función a la elaboración de una matriz y al cálculo de algunos valores que en forma consecuyente indicaran que variables son las más importantes según su influencia hacia el resto. Para la elección de nuestro diseño tenemos los siguientes parámetros que van hacer ponderados según su cumplimiento en cada alternativa. (Véase Tabla 12)

1. Longitud de la palanquilla solicitada, Se valorará con 10 puntos al sistema que se encuentre con las holguras necesaria para el oxicorte y capaz de producir lo solicitado por el área de laminación, a las que no estén acorde con este parámetro la calificación bajará.
2. El sistema para igualar las palanquillas, Se valorará con 10 puntos al sistema que pueda alinear las palanquillas y sea más sencillo, descenderá la puntuación con la complejidad.
3. Proceso de oxicorte, Se valorará con 10 puntos al sistema que proporcione la movilidad de la máquina de oxicorte, descenderá su puntuación con la complejidad.
4. Maniobrabilidad del oxicorte, Se valorará con 10 puntos a la máquina de oxicorte que tenga mayor maniobrabilidad y pueda cambiar de medida sin mucha complejidad, a las que no estén acorde con este parámetro la calificación descenderá.
5. Facilidad de montaje y desmontaje, Se valorará con 10 puntos al sistema que en el futuro pueda desmontarse fácil para reparaciones o cambios, si no es así la valoración descenderá.
6. Recursos humanos, Se valorará con 10 puntos al sistema que utilice menor personal de trabajo considerando la base de dos operadores, si utiliza más descenderá.

Con relación a los parámetros más importante, sus valores serán ponderados con una puntuación de 20 y los de menor importancia descenderán de acuerdo a su importancia en el diseño del nuevo sistema.



Tabla 12

## Matriz de comparación entre alternativas

Parámetros	Primera Alternativa		Segunda Alternativa		Tercera Alternativa		Ponderación de Parámetros
	Valor / 10	Valor Ponderado	Valor / 10	Valor Ponderado	Valor / 10	Valor Ponderado	
Longitud de palanquilla solicitada	10	20	10	20	10	20	20
Sistema para igualar palanquilla	7	10,5	8	12	9	13,5	15
Proceso de Oxicorte	8	16	8	16	9	18	20
Maniobrabilidad del oxicorte	5	7,5	8	12	9	13,5	15
Facilidad montaje y Desmontaje	5	7,5	5	7,5	10	15	15
Recursos Humanos	10	15	10	15	10	15	15
<b>Valoración TOTAL</b>		76,5		82,5		95	100

Análisis

- La Tercera Alternativa tiene mejor ponderación que sus antecesoras por tal razón es la seleccionada.

**3.3 DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO**

Se realizará el diseño del sistema propuesto en base a lo descrito en la tercera alternativa, la cual fue escogida en la matriz de comparación.

A continuación en la Figura 19 se muestra el esquema del sistema propuesto:

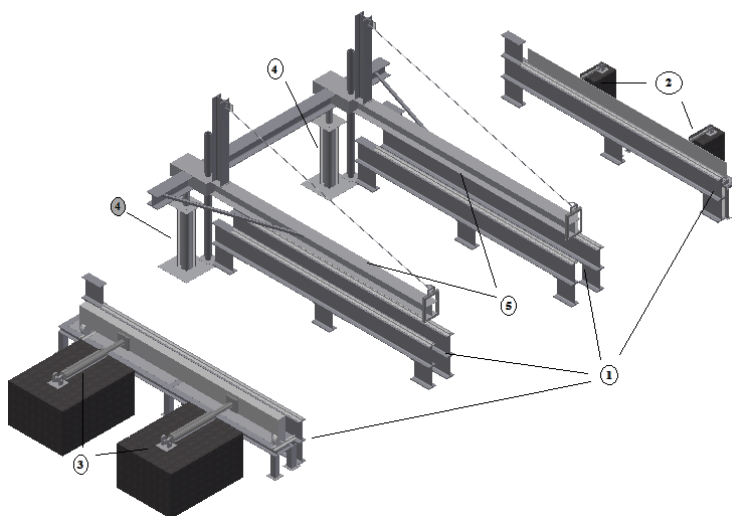


Figura 19 Esquema del sistema propuesto

Los elementos del sistema propuesto para el corte de palanquilla importada son los siguientes:

1. Cama de vigas de la palanquilla importada,
2. Sistema hidráulico guía de palanquillas,
3. Sistema hidráulico para igualar palanquillas,
4. Sistema hidráulico para elevar y descender la estructura soporte de la máquina de oxicorte,
5. Estructura que sostiene la máquina de oxicorte,

Si se tiene que evitar una falla en el diseño, las cargas que el sistema debe soportar deben ser mayores que las cargas a las que se va a someter cuando este en servicio.

Para el sistema propuesto se asignará un valor nominal del Factor de Seguridad de 1.5 a todo el diseño.

A continuación se describe las partes principales a diseñar en la alternativa seleccionada:

Diseño Mecánico:

1. Cama de vigas para la palanquilla,
2. Estructura soporte de máquina de oxicorte,
3. Perfil para igualar palanquillas
4. Placa guía para igualar palanquillas
5. Factores de Seguridad

Diseño Hidráulico:

1. Sistema hidráulico para alinear la palanquilla,
2. Sistema hidráulico para elevar y descender la estructura que sostiene la máquina de oxicorte,
3. Sistema hidráulico de guía para ubicación de palanquilla.

Selección Maquinarias:

1. Máquina de oxicorte

### 3.3.1 DISEÑO MECÁNICO

#### 3.3.1.1 Diseño de cama de vigas para la palanquilla

Para realizar el diseño de la cama compuesta por vigas para soportar las palanquillas se debe calcular lo siguiente:

- Cálculo de reacciones que las palanquillas producen sobre las vigas
- Cálculo de las reacciones que producen las vigas en cada apoyo.
- Elección de perfil de la viga para la cama.
- Diseño de pernos en los topes,

En el Anexo A se encuentran los planos de diseño

##### 3.3.1.1.1 Cálculo de reacciones que la palanquilla produce sobre las vigas

Se muestra una vista frontal de la cama de vigas (Véase Figura 20) con el respectivo dimensionamiento de longitudes para obtener el corte de las palanquillas importadas con las medidas solicitadas:

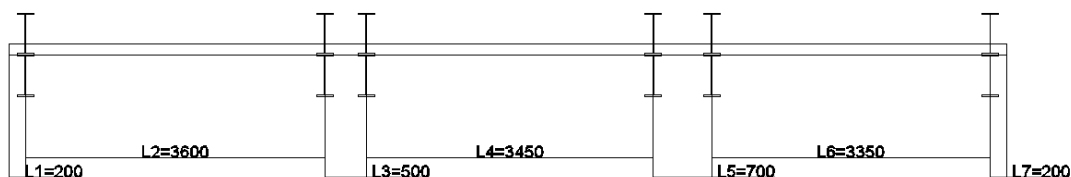


Figura 20 Vista Frontal de la cama de vigas

A continuación (Véase Figura 21) se muestra el diagrama de cuerpo libre (DCL) correspondiente:

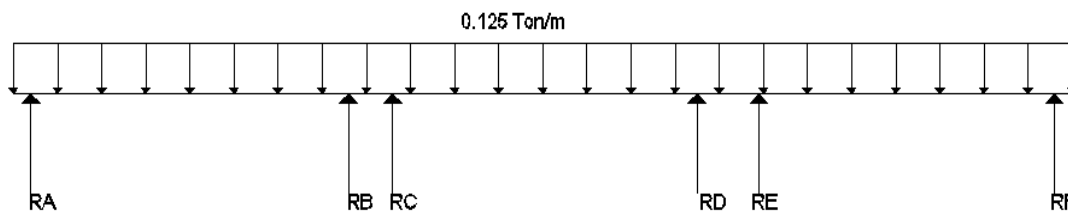


Figura 21 DCL de la cama de vigas

Las reacciones a calcular son en los apoyos A, B, C, D, E y F, para su resolución se toma como referencia el método de las deformaciones del libro de Análisis Estructural, Gonzalo Cueva (Cueva, Análisis Estructural, 2002, págs. 279-350)

### CALCULOS

Datos:

La palanquilla sobre los apoyos ejerce una carga distribuida,

$$W_{\text{palanquilla}} = 0,125 \text{ Ton /m}$$

Distancia entre apoyos:

$$L_1 = 0,200 \text{ m}$$

$$L_2 = 3,600 \text{ m}$$

$$L_3 = 0,500 \text{ m}$$

$$L_4 = 3,450 \text{ m}$$

$$L_5 = 0,700 \text{ m}$$

$$L_6 = 3,350 \text{ m}$$

$$L_7 = 0,200 \text{ m}$$

Por la cantidad de apoyos que se tienen, es un sistema hiperestático y se lo resolverá por el método de las deformaciones (Cueva, Análisis Estructural, 2002, págs. 279-350).

Paso a) Planteamiento de una viga con continuidad geométrica, se asume que los puntos de apoyo están empotrados (Véase Figura 22).

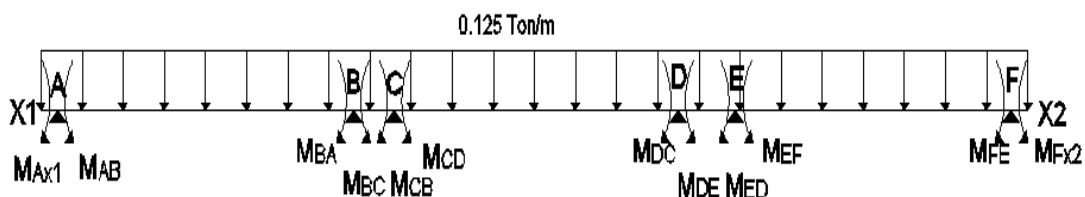


Figura 22 Cama de viga planteamiento con continuidad geométrica

Para calcular  $M_{AX1}$  y  $M_{FX2}$ , se toma el punto A y F como si estuvieran empotrados y se los separa del sistema para calcular los momentos:

$$M_{AX1} = \frac{W_{palanquilla}.L_1^2}{2} = 0,0025 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_{FX2} = \frac{W_{palanquilla}.L_7^2}{2} = 0,0025 \quad \text{Ton.m}$$

Para conocer el momento de los demás apoyos se resuelve como viga continúa y la Tabla 5.1 (Cueva, Análisis Estructural, págs. 279-350) del texto en mención indica las fórmulas de los momentos de empotramiento perfecto que permiten sacar el momento cuando se plantea la continuidad geométrica.

De esta manera los cálculos son:

$$M_{AB} = -\frac{W_{palanquilla}.L_2^2}{12} = -0,135 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_{BA} = \frac{W_{palanquilla}.L_2^2}{12} = 0,135 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_{BC} = -\frac{W_{palanquilla}.L_3^2}{12} = -0,0026 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_{CB} = \frac{W_{palanquilla}.L_3^2}{12} = 0,0026 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_{CD} = -\frac{W_{palanquilla}.L_4^2}{12} = -0,124 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_{DC} = \frac{W_{palanquilla}.L_4^2}{12} = 0,124 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_{DE} = -\frac{W_{palanquilla}.L_5^2}{12} = -0,0051 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_{ED} = \frac{W_{palanquilla}.L_5^2}{12} = 0,0051 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_{EF} = -\frac{W_{palanquilla}.L_6^2}{12} = -0,117 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_{FE} = \frac{W_{palanquilla}.L_6^2}{12} = 0,117 \quad \text{Ton.m}$$

Paso b) Cálculo de los momentos de desequilibrio,

Estos momentos se determinan como la suma de los momentos de empotramientos en cada apoyo,

$$M_A = M_{Ax1} + M_{AB} = -0,133 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_B = M_{BA} + M_{BC} = 0,132 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_C = M_{CB} + M_{CD} = -0,121 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_D = M_{DC} + M_{DE} = 0,119 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_E = M_{ED} + M_{EF} = -0,112 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_F = M_{FE} + M_{FX2} = 0,119 \quad \text{Ton.m}$$

Paso c) Imposición de rotaciones unitarias,

Estas rotaciones unitarias se aplican en cada apoyo manteniendo empotrados a los demás apoyos (Cueva, Análisis Estructural, págs. 279-350), (Véase desde las Figuras 23 a 28)

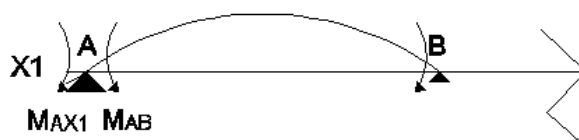


Figura 23 Rotación unitaria en A, diagrama de momentos

$$M_{AX1} = 0M_{AB} = \frac{4.E.I}{L_2} M_{BA} = \frac{2.E.I}{L_2}$$

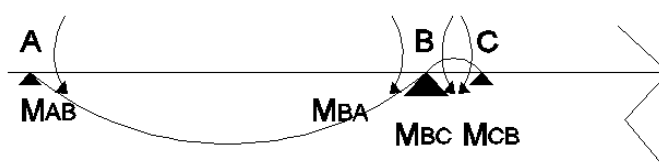


Figura 24 Rotación unitaria en B, diagrama de momentos

$$M_{AB} = \frac{2.E.I}{L_2} M_{BA} = \frac{4.E.I}{L_2} M_{BC} = \frac{4.E.I}{L_3} M_{CB} = \frac{2.E.I}{L_3}$$



Figura 25 Rotación unitaria en C, diagrama de momentos

$$M_{BC} = \frac{2.E.I}{L_3} M_{CB} = \frac{4.E.I}{L_3} M_{CD} = \frac{4.E.I}{L_4} M_{DC} = \frac{2.E.I}{L_4}$$

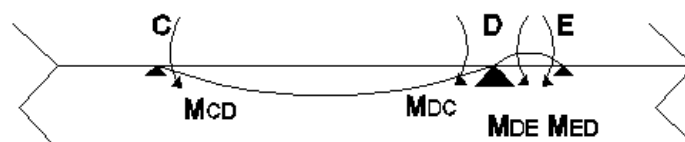


Figura 26 Rotación unitaria en D, diagrama de momentos

$$M_{CD} = \frac{2.E.I}{L_4} M_{DC} = \frac{4.E.I}{L_4} M_{DE} = \frac{4.E.I}{L_5} M_{ED} = \frac{2.E.I}{L_5}$$

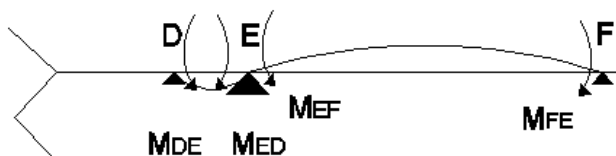


Figura 27 Rotación unitaria en E, diagrama de momentos

$$M_{DE} = \frac{2.E.I}{L_5} M_{ED} = \frac{4.E.I}{L_5} M_{EF} = \frac{4.E.I}{L_6} M_{FE} = \frac{2.E.I}{L_6}$$

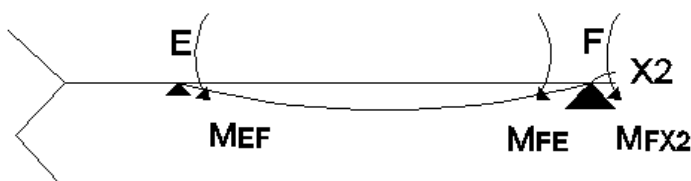


Figura 28 Rotación unitaria en F, diagrama de momentos

$$M_{FE} = \frac{2.E.I}{L_6} M_{FE} = \frac{4.E.I}{L_6} M_{FX2} = 0$$

Paso d) Cálculo de rotaciones reales

Se establece las matrices (Cueva, Análisis Estructural, 2002):

$$k = E.I. \begin{pmatrix} 4 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 8 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 8 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 8 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 8 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 4 \end{pmatrix} P = \begin{pmatrix} -0,133 \\ 0,132 \\ -0,121 \\ 0,119 \\ -0,112 \\ 0,119 \end{pmatrix}$$

$$\theta = -(k^{-1} \cdot P)$$

$$\theta = \frac{1}{E.I} \begin{pmatrix} 4 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 8 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 8 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 8 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 8 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 4 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 0,133 \\ -0,132 \\ 0,121 \\ -0,119 \\ 0,112 \\ -0,119 \end{pmatrix}$$

$$\theta = \frac{1}{E.I} \begin{pmatrix} 0,2887 & -0,0774 & 0,0207 & -0,0056 & 0,0016 & -0,0008 \\ -0,0774 & 0,1547 & -0,0415 & 0,0111 & -0,0032 & 0,0016 \\ 0,0207 & -0,0415 & 0,1451 & -0,0390 & 0,0111 & -0,0056 \\ -0,0056 & 0,0111 & -0,0390 & 0,1451 & -0,0415 & 0,0207 \\ 0,0016 & -0,0032 & 0,0111 & -0,0415 & 0,1547 & -0,0774 \\ -0,0008 & 0,0016 & -0,0056 & 0,0207 & -0,0774 & 0,28874 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,133 \\ -0,132 \\ 0,121 \\ -0,119 \\ 0,112 \\ -0,119 \end{pmatrix}$$

$$\theta = \frac{1}{E.I} \begin{pmatrix} 0,05194 \\ -0,03764 \\ 0,03241 \\ -0,03133 \\ 0,03345 \\ -0,04658 \end{pmatrix}$$

$$\theta_A = 0,05194$$

$$\theta_B = -0,03764$$

$$\theta_C = 0,03241$$

$$\theta_D = -0,03133$$

$$\theta_E = 0,03345$$

$$\theta_F = -0,04658$$

Paso e) Cálculo de los momentos correctivos

Se escribe primeramente las matrices de las columnas M y  $\theta$  (Cueva, Análisis Estructural, 2002, págs. 279-350), la matriz intermedia son las rotaciones unitarias en cada apoyo, de izquierda a derecha,

$$\begin{pmatrix} MC_{AB} \\ MC_{BA} \\ MC_{BC} \\ MC_{CB} \\ MC_{CD} \\ MC_{DC} \\ MC_{DE} \\ MC_{ED} \\ MC_{EF} \\ MC_{FE} \end{pmatrix} = E.I. \cdot \frac{1}{E.I} \cdot \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} 4 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,05194 \\ -0,03764 \\ 0,03241 \\ -0,03133 \\ 0,03345 \\ -0,04658 \end{pmatrix} \end{bmatrix}$$

$$MC_{AB} = 0,1325 \quad \text{Ton.m}$$

$$MC_{BA} = -0,0466 \quad \text{Ton.m}$$

$$MC_{BC} = -0,0857 \quad \text{Ton.m}$$

$$MC_{CB} = 0,0543 \quad \text{Ton.m}$$

$$MC_{CD} = 0,0670 \quad \text{Ton.m}$$

$$MC_{DC} = -0,0604 \quad \text{Ton.m}$$

$$MC_{DE} = -0,0584 \quad \text{Ton.m}$$

$$MC_{ED} = 0,0711 \quad \text{Ton.m}$$

$$MC_{EF} = 0,04606 \quad \text{Ton.m}$$

$$MC_{FE} = -0,1194 \quad \text{Ton.m}$$

Paso f) Cálculo de momentos finales,



Se calculan los momentos finales sumando los momentos de empotramiento perfecto con los momentos correctivos,

$$MF_{AB} = M_{AB} + MC_{AB} = -0,0025 \text{ Ton.m}$$

$$MF_{BA} = M_{BA} + MC_{BA} = 0,088 \text{ Ton.m}$$

$$MF_{BC} = M_{BC} + MC_{BC} = -0,088 \text{ Ton.m}$$

$$MF_{CB} = M_{CB} + MC_{CB} = 0,057 \text{ Ton.m}$$

$$MF_{CD} = M_{CD} + MC_{CD} = -0,057 \text{ Ton.m}$$

$$MF_{DC} = M_{DC} + MC_{DC} = 0,064 \text{ Ton.m}$$

$$MF_{DE} = M_{DE} + MC_{DE} = -0,064 \text{ Ton.m}$$

$$MF_{ED} = M_{ED} + MC_{ED} = 0,076 \text{ Ton.m}$$

$$MF_{EF} = M_{EF} + MC_{EF} = -0,076 \text{ Ton.m}$$

$$MF_{FE} = M_{FE} + MC_{FE} = -0,0025 \text{ Ton.m}$$

Paso g) Cálculo de las Reacciones

Con los momentos finales se calculan las reacciones en cada apoyo, cálculo de  $R_{A1}$ , (Véase Figura 29)

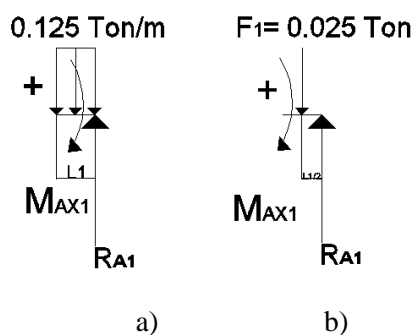


Figura 29 DCL para cálculo de reacciones en apoyo A

$$F_1 = W_{\text{palanquilla}} \cdot L_1$$

$$F_1 = 0,025 \text{ Ton}$$

$$\sum Fy = 0$$

$$R_{A1} - F_1 = 0$$

$$R_{A1} = 0,025 \text{ Ton}$$

Cálculo de  $R_{A2}$  y  $R_{B1}$  (Véase Figura 30)

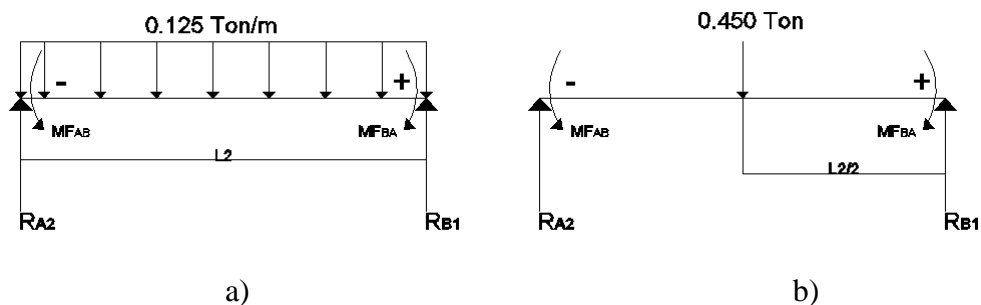


Figura 30 DCL para cálculo de reacciones en apoyo A y B

$$F_2 = W_{\text{palanquilla}} \cdot L_2$$

$$F_2 = 0,45 \quad \text{Ton}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$MF_{BA} - MF_{AB} + F_2 \cdot R_{A2} - F_2 \cdot \frac{L_2}{2} = 0$$

$$R_{A2} = \frac{MF_{AB} - MF_{BA} + F_2 \cdot \frac{L_2}{2}}{L_2}$$

$$R_{A2} = 0,201 \quad \text{Ton}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{A2} + R_{B1} - F_2 = 0$$

$$R_{B1} = 0,249 \quad \text{Ton}$$

Se realiza el mismo procedimiento para calcular las reacciones en los demás apoyos, de tal manera las fuerzas en las reacciones son las siguientes:

$$R_{B2} = 0,094 \quad \text{Ton}$$

$$R_{C1} = -0,031 \quad \text{Ton}$$

$$R_{C2} = 0,214 \quad \text{Ton}$$

$$R_{D1} = 0,217 \quad \text{Ton}$$

$$R_{D2} = 0,027 \quad \text{Ton}$$

$$R_{E1} = 0,061 \quad \text{Ton}$$

$$R_{E2} = 0,234 \quad \text{Ton}$$

$$R_{F1} = 0,185 \quad \text{Ton}$$

$$R_{F2} = 0,025 \quad \text{Ton}$$

Reacciones totales en cada apoyo:

$$R_A = R_{A1} + R_{A2} = 0,226 \quad \text{Ton}$$

$$R_B = R_{B1} + R_{B2} = 0,343 \quad \text{Ton}$$

$$R_C = R_{C1} + R_{C2} = 0,183 \quad \text{Ton}$$

$$R_D = R_{D1} + R_{D2} = 0,244 \quad \text{Ton}$$

$$R_E = R_{E1} + R_{E2} = 0,295 \quad \text{Ton}$$

$$R_F = R_{F1} + R_{F2} = 0,210 \quad \text{Ton}$$

### Diagramas de fuerza cortante y momento flector

#### Diagrama fuerza cortante

Ecuación de las rectas producidas por la fuerza cortante en los siguientes tramos:

$$\text{Tramo A-B: } V = 0,201 - 0,125X$$

$$\text{Tramo B-C: } V = 0,094 - 0,125X$$

$$\text{Tramo C-D: } V = 0,214 - 0,125X$$

$$\text{Tramo D-E: } V = 0,027 - 0,125X$$

$$\text{Tramo E-F: } V = 0,234 - 0,125X$$

(Véase Figura 31)

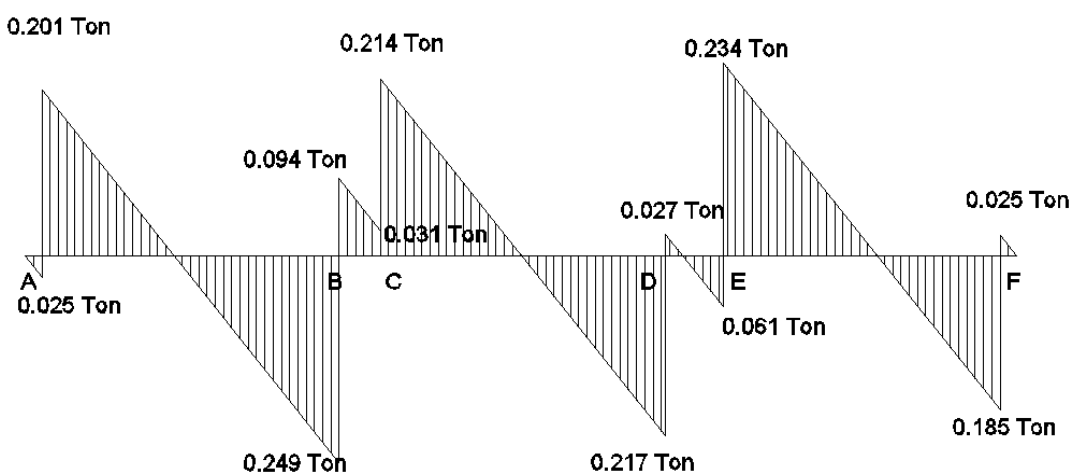


Figura 31 Diagrama fuerza cortante de la carga de la palanquilla

$$F_{M\acute{a}xima} = -0,249 \quad \text{Ton}$$

#### Diagrama momento flector

Se obtiene el punto donde existe el momento máximo al igualar la Ecuación de la fuerza cortante a 0 y se procede a su integración para conocer el valor correspondiente en la cual se reemplaza el punto máximo. (Véase Figura 32)

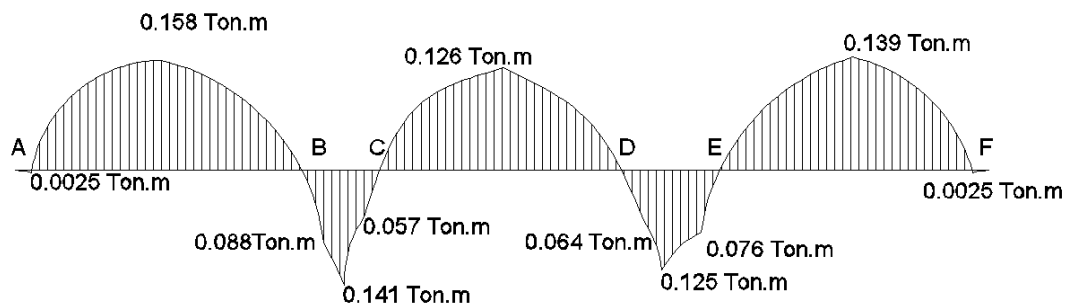


Figura 32 Diagrama momento flector de la carga de la palanquilla

$$M_{M\acute{a}ximo} = 0,158 \quad \text{Ton.m}$$

Estas reacciones son las que ejerce una palanquilla importada de 1.5 Ton en cada apoyo.

El sistema propuesto va a realizar el proceso de oxicorte en 40 palanquillas, por lo que cada reacción debe ser multiplicada por 40 para obtener la fuerza total que se ejerce en cada viga,

$$R_{AT} = 9,046 \quad \text{Ton}$$

$$R_{BT} = 13,722 \quad \text{Ton}$$

$$R_{CT} = 7,32 \quad \text{Ton}$$

$$R_{DT} = 9,76 \quad \text{Ton}$$

$$R_{ET} = 11,8 \quad \text{Ton}$$

$$R_{FT} = 8,4 \quad \text{Ton}$$

Relacionado con el espesor de cada palanquilla importada, se puede decir que estas fuerzas se aplican en 5.2 metros en cada viga.

Se observa que **la reacción más crítica se produce en la segunda viga B.**

$$W_{BT} = \frac{R_{BT}}{5.2} = 2,639 \quad \text{Ton/m}$$

3.3.1.1.2 Cálculo de las reacciones que producen las vigas en cada apoyo.

DCL correspondiente a la viga B donde se encuentra la carga más crítica, se considerará la fuerza distribuida ejercida por la palanquilla en toda la viga adicionándole la carga producida por la viga.

Carga distribuida por las palanquillas en la viga.

$$W_{BT} = \frac{R_{BT}}{5.2} = 2,64 \quad \text{Ton/m}$$

Carga distribuida por la viga.

$$W_{Viga} = 0,0907 \quad \text{Ton/m}$$

Carga de Diseño

$$W_{Diseño1} = W_{BT} + W_{Viga} = 2,74 \text{ Ton/m}$$

(Véase Figura 33)

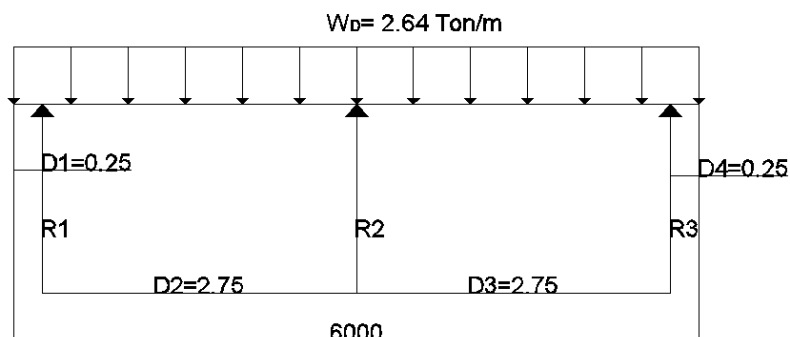


Figura 33 DCL de los apoyos de las vigas

Longitudes entre apoyos:

$$D_1 = 0,25 \text{ m}$$

$$D_2 = 2,75 \text{ m}$$

$$D_3 = 2,75 \text{ m}$$

$$D_4 = 0,25 \text{ m}$$

Paso a) El sistema que tenemos es una viga continua, el cual se lo resolverá por el método de las deformaciones (Análisis Estructural, 2002, pág. 307). (Véase Figura 34)

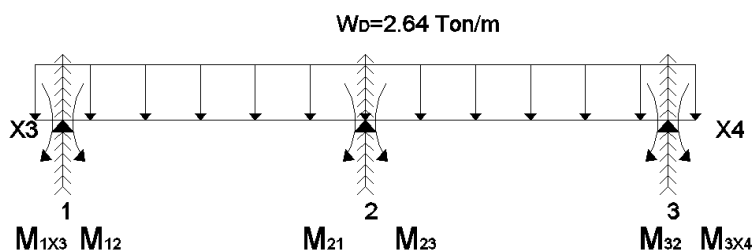


Figura 34 Viga con continuidad

Para calcular  $M_{1X3}$  y  $M_{3X4}$ , se toma el punto 1 y 2 como si estuvieran empotrados y se los separa del sistema para calcular los momentos:

$$M_{1X3} = \frac{W_{Diseño1} \cdot D_1^2}{2} = 0,086 \text{ Ton.m}$$

$$M_{3X4} = \frac{W_{Diseño1} \cdot D_4^2}{2} = 0,086 \text{ Ton.m}$$

Para conocer el momento de los demás apoyos se resuelve como viga continua y la Tabla 5.1 (Cueva, Análisis Estructural, 2002, pág. 349) del texto en mención

indica las fórmulas de los momentos de empotramiento perfecto que permiten sacar el momento cuando se plantea la continuidad geométrica.

$$M_{12} = -\frac{W_{Diseño1} \cdot D_2^2}{12} = -1,725 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_{21} = \frac{W_{Diseño1} \cdot D_2^2}{12} = 1,725 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_{23} = -\frac{W_{Diseño1} \cdot D_3^2}{12} = -1,725 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_{32} = \frac{W_{Diseño1} \cdot D_3^2}{12} = 1,725 \quad \text{Ton.m}$$

Paso b) Cálculo de los momentos de desequilibrio,

Estos momentos se determinan como la suma de los momentos de empotramientos en cada apoyo,

$$M_1 = M_{1x3} + M_{12} = -1,639 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_2 = M_{21} + M_{23} = 0 \quad \text{Ton.m}$$

$$M_3 = M_{32} + M_{3x4} = 1,81 \quad \text{Ton.m}$$

Paso c) Imposición de rotaciones unitarias,

Estas rotaciones unitarias se aplican en cada apoyo manteniendo empotrados a los demás apoyos (Análisis Estructural, 2002, págs. 279-350) (Véase desde la Figura 35 a 37)

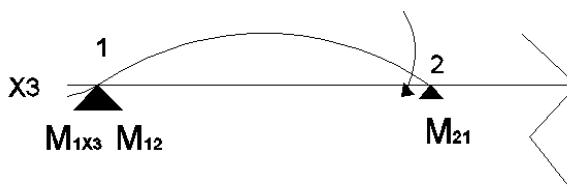


Figura 35 Rotación unitaria en 1, diagrama de momentos

$$M_{1x3} = 0M_{12} = \frac{4 \cdot E \cdot I}{D_2} M_{21} = \frac{2 \cdot E \cdot I}{D_2}$$

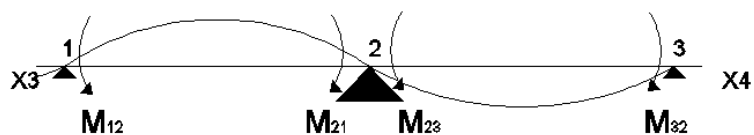


Figura 36 Rotación unitaria en 2, diagrama de momentos

$$M_{12} = \frac{2 \cdot E \cdot I}{D_2} M_{21} = \frac{4 \cdot E \cdot I}{D_2} M_{23} = \frac{4 \cdot E \cdot I}{D_3} M_{32} = \frac{2 \cdot E \cdot I}{D_3}$$

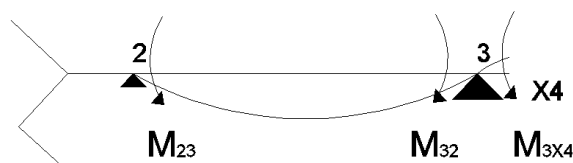


Figura 37 Rotación unitaria en 3, diagrama de momentos

$$M_{23} = \frac{2 \cdot E \cdot I}{D_3} M_{32} = \frac{4 \cdot E \cdot I}{D_3} M_{3x4} = 0$$

Paso d) Cálculo de rotaciones reales

Se establece las matrices (Cueva, Análisis Estructural, 2002, págs. 279-350):

$$k = E \cdot I \cdot \begin{pmatrix} 4 & 2 & 0 \\ 2 & 8 & 2 \\ 0 & 2 & 4 \end{pmatrix} P = \begin{pmatrix} -1,639 \\ 0 \\ 1,81 \end{pmatrix}$$

$$\theta = -(k^{-1} \cdot P)$$

$$\theta = \frac{1}{E \cdot I} \begin{pmatrix} 4 & 2 & 0 \\ 2 & 8 & 2 \\ 0 & 2 & 4 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 1,639 \\ 0 \\ -1,81 \end{pmatrix}$$

$$\theta = \frac{1}{E \cdot I} \begin{pmatrix} 0,2917 & -0,0833 & 0,0417 \\ -0,0833 & 0,1667 & -0,0833 \\ 0,0417 & -0,0833 & 0,2917 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1,639 \\ 0 \\ -1,81 \end{pmatrix}$$

$$\theta = \frac{1}{E \cdot I} \begin{pmatrix} 0,403 \\ 0,014 \\ -0,460 \end{pmatrix}$$

$$\theta_A = 0,403$$

$$\theta_B = 0,014$$

$$\theta_C = -0,460$$

Paso e) Cálculo de los momentos correctivos

Se escribe primeramente las matrices de las columnas  $M$  y  $\theta$  (Cueva, Análisis Estructural, 2002, págs. 279-350), la matriz intermedia son las rotaciones unitarias en cada apoyo, de izquierda a derecha,

$$\begin{pmatrix} MC_{12} \\ MC_{21} \\ MC_{23} \\ MC_{32} \end{pmatrix} = E \cdot I \cdot \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left[ \begin{pmatrix} 4 & 2 & 0 \\ 2 & 4 & 0 \\ 0 & 4 & 2 \\ 0 & 2 & 4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,403 \\ 0,014 \\ -0,460 \end{pmatrix} \right]$$

$$MC_{12} = 1,639 \quad \text{Ton.m}$$

$$MC_{21} = 0,862 \quad \text{Ton.m}$$

$$MC_{23} = -0,862 \quad \text{Ton.m}$$

$$MC_{32} = -1,81 \quad \text{Ton.m}$$

Paso f) Cálculo de momentos finales,

Se calculan los momentos finales sumando los momentos de empotramiento perfecto con los momentos correctivos,

$$MF_{12} = M_{12} + MC_{12} = -0,086 \quad \text{Ton.m}$$

$$MF_{21} = M_{21} + MC_{21} = 2,587 \quad \text{Ton.m}$$

$$MF_{23} = M_{23} + MC_{23} = -2,587 \quad \text{Ton.m}$$

$$MF_{32} = M_{32} + MC_{32} = -0,085 \quad \text{Ton.m}$$

Paso g) Cálculo de las Reacciones

Con los momentos finales se calculan las reacciones en cada apoyo, cálculo de  $R_{11}$ , (Véase Figura 38)

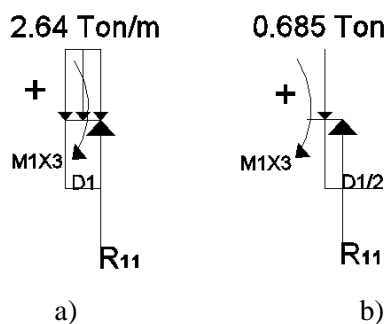


Figura 38 DCL para cálculo de reacciones en apoyo 1

$$F_{11} = W_{Diseño1} \cdot D_1$$

$$F_{11} = 0,685 \quad \text{Ton}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{11} - F_{11} = 0$$

$$R_{11} = 0,685 \quad \text{Ton}$$

Cálculo de  $R_{12}$  y  $R_{21}$ , (Véase Figura 39)

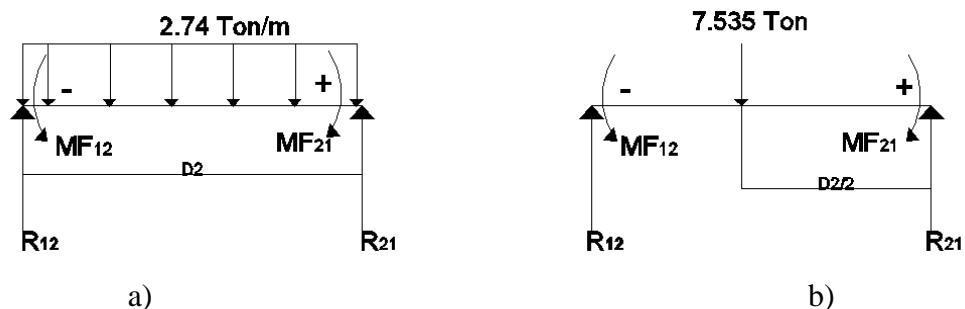


Figura 39 DCL para cálculo de reacciones en apoyo 1 y 2

$$F_{22} = W_{Diseño1} \cdot D_2$$



$$F_{22} = 7,535 \text{ Ton}$$

$$\sum M_2 = 0$$

$$MF_{21} + MF_{12} + D_2 \cdot R_{12} - F_{22} \cdot \frac{D_2}{2} = 0$$

$$R_{12} = \frac{-MF_{12} - MF_{21} + F_{22} \cdot \frac{D_2}{2}}{D_2}$$

$$R_{12} = 2,854 \text{ Ton}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{A2} + R_{B1} - F_2 = 0$$

$$R_{21} = 4,673 \text{ Ton}$$

Se realiza el mismo procedimiento para calcular las reacciones en los demás apoyos, de tal manera las fuerzas en las reacciones son las siguientes:

$$R_{22} = 2,854 \text{ Ton}$$

$$R_{31} = 4,673 \text{ Ton}$$

$$R_{32} = 0,685 \text{ Ton}$$

Reacciones totales en cada apoyo:

$$R_1 = R_{11} + R_{12} = 3,534 \text{ Ton}$$

$$R_2 = R_{21} + R_{22} = 7,527 \text{ Ton}$$

$$R_3 = R_{31} + R_{32} = 5,357 \text{ Ton}$$

Diagramas de fuerza cortante y momento flector

Diagrama fuerza cortante

Ecuación de las rectas producidas por la fuerza cortante en los siguientes tramos:

$$\text{Tramo 1-2: } V = 2,854 - 2,74X$$

$$\text{Tramo 2-3: } V = 2,854 - 2,74X$$

(Véase Figura 40)

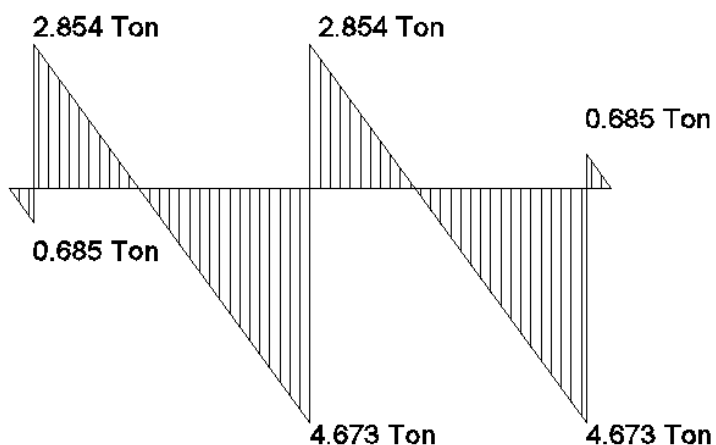


Figura 40 Diagrama fuerza cortante de los apoyos

$$F_{M\acute{a}xima} = -4,673 \quad \text{Ton.m}$$

Diagrama momento flector

Se obtiene el punto donde existe el momento máximo al igualar la Ec. de la fuerza cortante a 0 y se procede a su integración para conocer el valor correspondiente en la cual se reemplaza el punto máximo.

(Véase Figura 41)

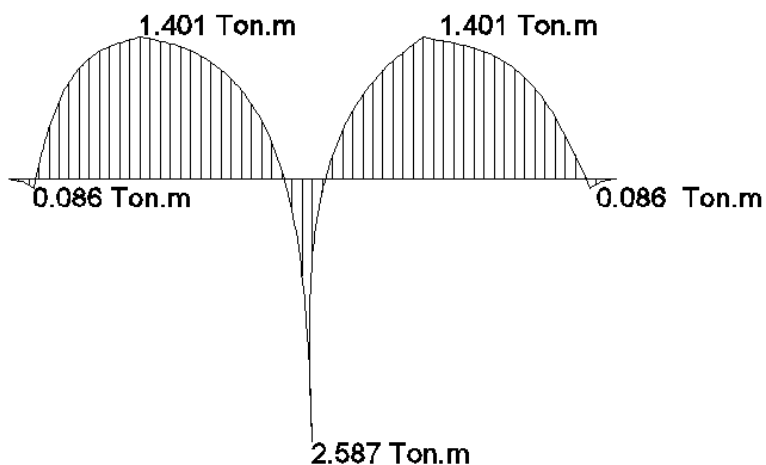


Figura 41 Diagrama momento flector de los apoyos

$$M_{M\acute{a}ximo} = -2,587 \quad \text{Ton.m}$$

### Pernos de anclaje

Para la fijación entre los apoyos de las vigas para la cama de palanquillas y la estructura de hormigón armado se asumirá 4 pernos de anclaje por cada apoyo, a continuación la respectiva elección de acuerdo a la fuerza de corte existente.

Fuerza de corte, es la fuerza producida en los apoyos al momento de alinear las palanquillas por el sistema hidráulico, esta es igual al peso de la palanquilla (60 Ton) proporcional a la fuerza de fricción dinámica (0,75), de tal manera la fuerza cortante es igual a 44,4 Ton.

La mencionada fuerza cortante es dividida para el número de apoyos (3) para indicar cuál es la fuerza que se ejerce sobre cada apoyo.

$$F_{corte} = 14800 \text{ kg}$$

$$F_c = \frac{F_{corte}}{4} = 3700 \text{ kg}$$

Según catalogo HILTI (proveedor de pernos de anclaje) se observa que el perno acorde a las fuerzas que se aplican es el siguiente (HILTI, 2013, pág. 194):

Anclaje – Varilla HAS en concreto 1 ¼ " x 12" con una carga de corte permisible de 6730 kg.

Factor de seguridad

$$FS1 = \frac{F_{cPermisible}}{F_c} = \frac{6730}{3700} = 1,8$$

Análisis de Resultado

El  $FS1 = 1,8$  en cada perno de anclaje el  $FS_{DiseñoNominal} = 1,5$  indicando que va a soportar la carga ejercida sobre los topes, hay que tomar en cuenta que en los apoyos además de la carga, va a tener probabilidad de:

- Deterioro debido a corrosión u otros efectos ambientales ya que el equipo va a estar en planta en los patios de ANDEC.

Los pernos de anclaje -Varilla HAS en concreto 1 ¼ " x 12" son aptos para la carga que se aplica.

El Anexo B muestra las características del perno seleccionado.

#### 3.3.1.1.3 Elección de perfil de la viga para la cama.

Para la elección debemos obtener la carga Muerta (D) y Viva (L) que va a soportar la viga (Diseño de Estructuras de Acero 2da edición, pág. 104).

Probaremos con la viga IPE 500 que nos ayuda a tener las medidas solicitadas en el Pre Diseño.

Carga Muerta (D) = El peso de la viga.

$$C_{Muerta} = 0,0907 \quad \text{Ton / m}$$

Carga Viva (L) = La carga que soporta la viga (carga de palanquilla, material de desgaste)

$$C_{Palanquilla} = 2,64 \quad \text{y} \quad C_{Material de desgaste} = 0,075$$

$$C_{Viva} = 2,72 \quad \text{Ton / m}$$

$$L_{viga} = 6 \quad \text{m}$$

$$Wu1 = 1,4 \cdot C_{Muerta}$$

$$Wu2 = 1,2 \cdot C_{Muerta} + 1,6 \cdot C_{Viva}$$

$$Wu1 = 1,4 \times (0,0907) = 0,127 \quad \text{Ton}$$

Carga nominal alcanza el momento a fluencia a tomar en cuenta para el diseño.

$$Wu2 = 1,2 \times (0,0907) + 1,6 \times (2,72) = 4,46 \quad \text{Ton/m}$$

En un Perfil I la fluencia se extenderá aproximadamente sobre un octavo del claro de sus apoyos (McCormac Jack C, pág. 220).

$$Mu = \frac{Wu2 \times L_{viga}^2}{8}$$

$$Mu = 20,07 \quad \text{Ton.m}$$

El momento de fluencia equivale a la resistencia a la flexión del miembro respecto a su eje mayor.

$\phi b = 0,9$  Pandeo Plástico- Momento Plástico Total ZONA 1 (McCormac Jack C, pág. 246)

$$F_Y = 36 \quad \text{ksi} \quad \text{Acero estructural A36}$$

$$F_Y = 2,54 \quad \text{Ton/cm}^2$$

Módulo plástico requerido para que la viga no falle.

$$Z_{xRequerido} = \frac{Mu \cdot 100}{\phi b \cdot F_Y}$$

$$Z_{xRequerido} = \frac{19,489 \times 100}{0,9 \times 2,54}$$

$$Z_{xRequerido} = 878 \quad \text{cm}^3$$

$Z_{xRequeridoNominal}$  de la viga IPE 500 es  $1930 \text{cm}^3$ .

Para el cálculo del factor de seguridad se añadirá un 15% de carga adicional, por precaución ya que el trabajo se realizará con maquinaria pesada

$$FS2 = \frac{Z_{xRequeridoNominal}}{Z_{xRequerido}}$$

$$FS2 = \frac{1930}{1053,6}$$

$$FS2 = 1,8$$

Análisis de Resultado

El  $FS2 = 1,8$  es superior al  $FS_{DiseñoNominal} = 1,5$  indicando que va a soportar la carga ejercida sobre la viga, hay que tomar en cuenta que la viga además de la carga, va a tener probabilidad de:

- Deterioro debido a corrosión u otros efectos ambientales ya que el equipo va a estar en planta en los patios de ANDEC.
- Sus medidas son deseables para el diseño, de tal manera la cama de vigas no quedará tan baja, aproximadamente a 1 metro del nivel de la estructura de hormigón armado.

Viga IPE 500 correcta y apta para el diseño.

#### 3.3.1.1.4 Diseño de pernos en los topes

En la Figura 42 se muestra un esquema de la posición de los topes en la cama de vigas y las palanquillas que ejercen la fuerza.

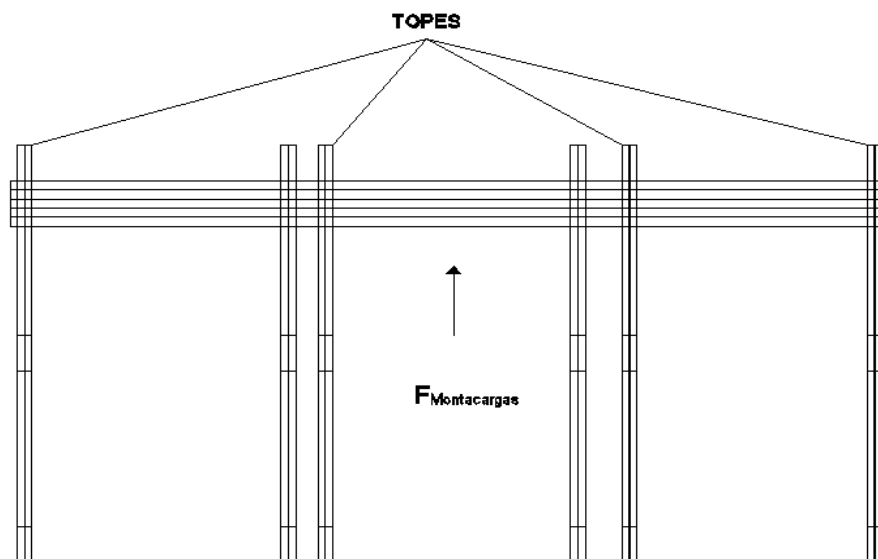


Figura 42 Diagrama de localización de topes y fuerza del montacargas

Cálculo de la carga en los topes, que se realiza por la fuerza ejercida del montacargas con las palanquillas:

Se colocará 5 palanquillas por cada lote.

$$W_{5Palanquillas} = 7500 \quad \text{kg}$$

$$\sum Fx = 0$$

$$F_{Montacargas} - F_{Fricción} = 0$$

$$F_{Montacargas} = F_{Fricción}$$

$$F_{Fricción} = W_{Normal} \cdot \mu_S$$

$$\mu_S = 0,74 \quad \text{Coeficiente de fricción estático (SERWAY, pág. 121)}$$

$$W_{Normal} = W_{5Palanquillas} \cdot \text{gravedad} = 73,5 \quad \text{KN}$$

Fuerza del montacargas para mover las 5 palanquillas

$$F_{Montacargas} = 54,39 \quad \text{KN}$$

$F_{Montacargas}$  es la fuerza máxima producida al momento de igualar las palanquillas:

Cálculo de pernos para los topes:

Para la fijación entre los topes de la palanquilla con las vigas que componen la cama de soporte de palanquilla se asumirán 4 pernos Grado 2 – 5/8” por cada tope, por tal razón a continuación se verificara su elección (Diseño de Ingeniería mecánica de Shigley, Octava edición, págs. 395-443).

$$S_p = 33 \text{ ksi} \quad S_y = 36 \text{ ksi} \quad S_u = 60 \text{ ksi}$$

La fuerza que es transmitida a los pernos es la siguiente:

Fuerza a corte, es la fuerza producida en los topes al momento de juntar las palanquillas con el montacargas, esta es igual a:

$$\text{Tope \# 1} = 54,39 \quad \text{KN}$$

$$F_{Corte1} = 5550 \text{ kg}$$

$$F_{c1} = \frac{F_{Corte1}}{4} = 1387,5 \text{ kg} = 3052,5 \text{ lb}$$

Para el cálculo del factor de seguridad se añadirá un 15% de carga adicional, por precaución ya que el trabajo se realizará con maquinaria pesada

Cortante del perno:

$$FS3 = \frac{S_{ys}}{S_s} = \frac{0,577xSy}{\frac{F_{c1}}{A_t}} = \frac{0,577xA_t xSy}{F_{c1}}$$

$$FS3 = \frac{0,577x\pi x d_p^2 xSy}{4xF_{c1}} = \frac{0,577x\pi x (5/8)^2 x36000}{4x3510,38}$$

$FS3 = 1,8$  para el conjunto de 4 pernos grado 2 – 3/4” en cada tope

Análisis de Resultado

El  $FS3 = 1,8$  es superior al  $FS_{DiseñoNominal} = 1,5$  indicando que va a soportar la carga ejercida sobre los topes, al momento de igualar las palanquillas hay que tomar en cuenta que además de la carga, va a tener probabilidad de:

- Deterioro debido a corrosión u otros efectos ambientales ya que el equipo va a estar en planta en los patios de ANDEC.

Selección de material de desgaste.

Para material de desgaste de la cama de vigas se elegirá riel de acero tipo A100, Véase en la figura 43.

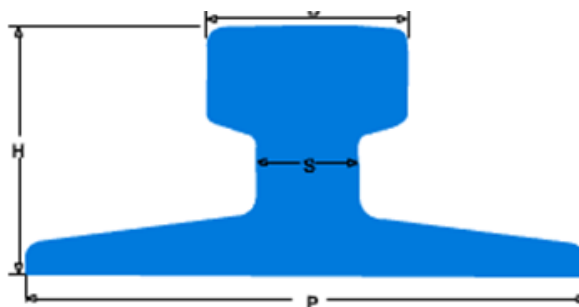


Figura 43 Material de desgaste (Riel A100)

(Elementos de ingeniería ferroviaria parte II – cálculo del riel)

En la tabla 13 se muestran los tipos de rieles y sus dimensiones:

Tabla 13

Tipo de rieles

Parte	Nominación	Medidas principales				Momento de	Módulo de	Resistencia
		H	B	P	A	Inercia	resistencia	a la tracción
						$J_x \text{ cm}^4$	$W_x \text{ cm}^3$	$\text{kg/mm}^3$
1	A45	55	45	125	24	90	27	70
2	A55	65	55	150	31	178	45,6	70
3	A65	75	65	175	38	319	71,4	70
4	A75	85	75	200	45	531	105,4	70
5	A100	95	100	200	60	858	162,2	70
6	A120	105	120	220	72	1361	235,1	70
7	A150	150	150	220	80	4373	565,7	70

(Elementos de ingeniería ferroviaria parte II – cálculo del riel)

A continuación se verificará la selección de riel A100 (Elementos de ingeniería ferroviaria parte II – cálculo del riel):

La mayor carga sobre el riel es la misma que se ejerce en la viga B.

$$W_{BT} = \frac{R_{BT}}{5.2} = 2639 \text{ kg/m}$$

$$W_{BT} = 26,39 \text{ kg/cm}$$

Se calcula el momento como si el riel fuera una viga continua, la longitud del riel es de 5,2 m.

$$L_{riel} = 520 \text{ cm}$$

$$M_{riel} = W_{BT} \times \frac{L_{riel}^2}{8} = 26,39 \times \frac{520^2}{8}$$

$$M_{riel} = 891982 \text{ kg.cm}$$

Se obtiene el esfuerzo máximo permisible con el módulo de sección propio del riel:

$$W_x = 162,2 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{riel}}{W_x} = \frac{891982}{162,2} = 5499,07 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{max} = 55 \text{ Kg/mm}^2$$

De tal manera el esfuerzo máximo realizado por las palanquillas es menor que el esfuerzo permisible del riel A100 ( $\sigma_{perm} = 70 \text{ kg/mm}^2$ ), por tal razón se acepta el riel seleccionado.

Es de indicar que el peso del riel A100 es 75,2 kg/m

### 3.3.1.2 Diseño de estructura para el sistema soporte del equipo de oxicorte

A continuación en la figura 44 se muestra un esquema de la estructura soporte de la máquina de oxicorte.



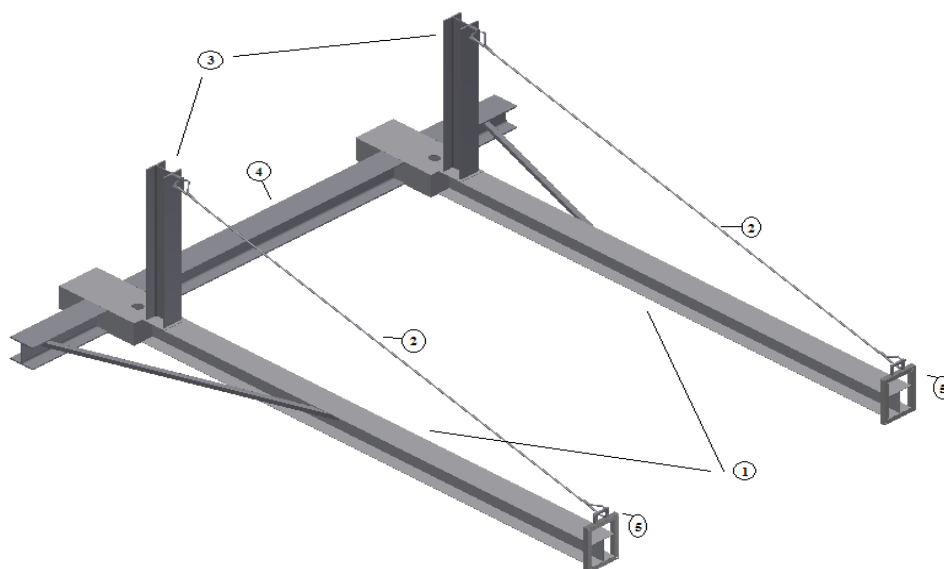


Figura 44 Esquema estructura soporte máquina oxicorte

En el esquema de la estructura se observan las siguientes partes:

1. Vigas soporte máquina oxicorte
2. Cable tensor de acero
3. Columna de soporte del cable de acero
4. Unión entre vigas
5. Perfiles laterales
6. Perfil de fijación
7. Marco soporte cable de acero

Vigas soporte máquina oxicorte

La viga soporte se diseñará (Véase figura 45) con una plancha de 10 mm de espesor con el fin de reducir peso, pero a la misma vez que resista el peso del sistema de oxicorte

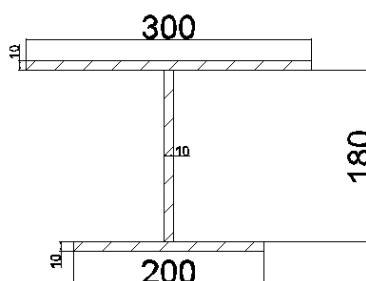


Figura 45 Sección transversal viga

En la Figura 46 se muestra el DCL de las reacciones producidas por el sistema de oxicorte en los apoyos de la viga, para que no tenga deflexión y así no se produzca errores al momento del proceso de corte.

Sus especificaciones se encuentran en los planos de diseño.

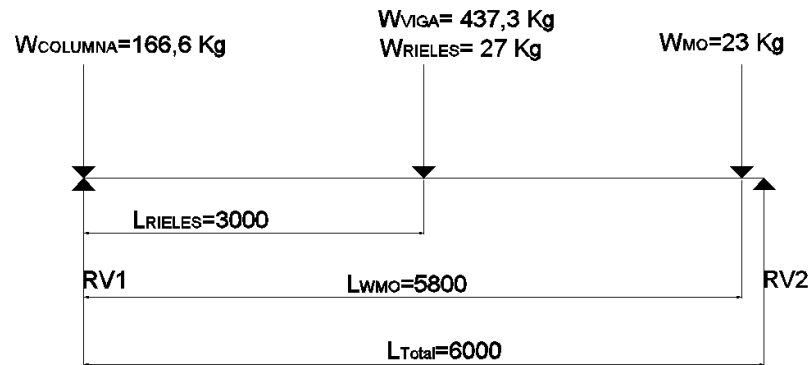


Figura 46 DCL1 Vigas soporte del proceso de oxicorte

En la figura 46 se muestran las fuerzas que ejercen los rieles y la máquina de oxicorte.

$$W_{Rieles} = 4,5 \quad \text{kg/m}$$

$$W_{Rieles} = 27 \quad \text{kg}$$

$$W_{MO} = 23 \quad \text{kg}$$

$$W_{Viga} = 437,3 \quad \text{kg}$$

$$W_{COLUMNA} = 166,6 \quad \text{kg}$$

$$L_{WRIELES} = 3000 \quad \text{mm}$$

$$L_{WRIELES} = 3,00 \quad \text{m}$$

$$L_{WMO} = 5800 \quad \text{mm}$$

$$L_{WMO} = 5,80 \quad \text{m}$$

$$L_{Total} = 6000 \quad \text{mm}$$

$$L_{Total} = 6,00 \quad \text{m}$$

$$\sum Fy = 0$$

$$R_{V1} + R_{V2} - W_{RIELES} - W_{MO} - W_{VIGA} - W_{COLUMNA} = 0$$

$$R_{V1} + R_{V2} = 653,9 \quad \text{kg}$$

$$\sum MR_{V1} = 0$$

$$W_{VIGA} \times 3,00 + W_{MO} \times 5,80 + W_{RIELES} \times 3,00 + W_{COLUMNA} \times 0 - R_{V2} \times 6,00 = 0$$

$$R_{V2} = \frac{437,3 \times 3,00 + 23 \times 5,80 + 27 \times 3,00}{6,00}$$

$$R_{V2} = 254,38 \quad \text{kg}$$

$$R_{V1} = 399,52 \quad \text{kg}$$

Reacción en los apoyos:

$$R_{V2} = 2,49 \quad \text{KN}$$

$$R_{V1} = 3,92 \quad \text{KN}$$

Deflexión en la estructura soporte maquinaria de oxicorte (Gere, pág. 906).

$$E = 2100000 \quad \text{kg/cm}^2$$

Inercia

$$I = 4870 \quad \text{cm}^4$$

$$L_{WRIELES} = 300 \quad \text{cm}$$

$$L_{WMO} = 580 \quad \text{cm}$$

$$L_{Total} = 600 \quad \text{cm}$$

$$\delta_1 = \frac{W_{MO} \cdot L_{WMO}^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$\delta_1 = 0,010 \quad \text{cm}$$

$$\delta_2 = \frac{W_{RIELES+VIGA} \cdot L_{WRIELES}^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$\delta_2 = 0,021 \quad \text{cm}$$

$$\delta_{total} = \delta_1 + \delta_2 = 0,031 \quad \text{cm}$$

Deflexión máxima de la viga que va a soportar la máquina de oxicorte.

$$\delta_{total} = 0,31 \quad \text{mm}$$

De tal manera, si  $\delta_{total}$  es la deflexión de la viga, la máquina de oxicorte también descenderá los 0,31 mm, esta medida se encuentra dentro de los límites para que el proceso de oxicorte se realice de mejor manera, siendo los rangos establecidos entre 3 y 4 mm, según catálogo del área de soldadura obtenido en cursos de preparación (Se adjunta en Anexo C), por tal razón debe existir 1 mm de tolerancia de la distancia entre la boquilla de oxicorte y la palanquilla.

Es de indicar que mientras más cerca la boquilla a la pieza de corte esta se desgasta rápidamente y mientras más lejos está la boquilla es mayor el consumo de material.

$$FS4 = \frac{\text{Distancia teórica}}{\text{Distancia calculada}} = \frac{1}{0,31} = 3,22$$

### Elección del cable tensor de acero

Con los datos mostrados en la figura 47 obtenemos la longitud del cable, el ángulo que forma con la horizontal y la tensión del cable (Coque Gualpa Edison Patricio, 2009, pág. 163).

$$L_{\text{Columna}} = 2000 \quad \text{mm}$$

$$L_{\text{Total}} = 6000 \quad \text{mm}$$

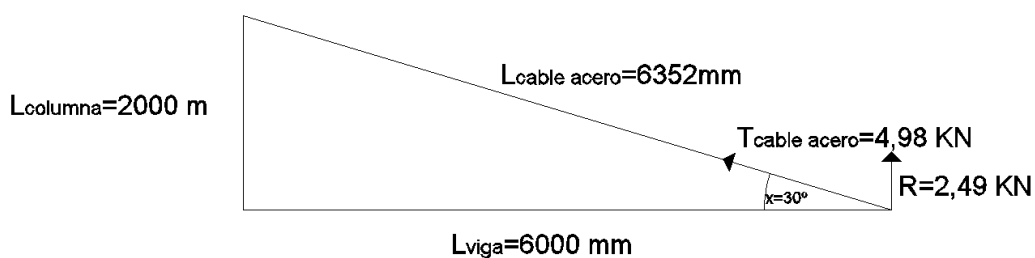


Figura 47 Estructura soporte máquina oxicorte

$$L_{\text{cable acero}} = 6352 \quad \text{mm}$$

$$T_{\text{cable acero}} = 4,98 \quad \text{KN}$$

$$T_{\text{cable acero}} = 508,16 \quad \text{kg}$$

$$T_{\text{cable acero}} = 0,508 \quad \text{Ton}$$

$$X = 30^\circ$$

El factor para cables se determina según la tabla 14

Tabla 14

Factores de diseño recomendados

Aplicación	n
Tensores o vientos	3,5
Equipo diverso de elevación	5
Cables de tracción (grúas)	6
Polipastos pequeños	7
Grúas de colada	8

(Coque Gualpa Edison Patricio, 2009, pág. 163).

En la tabla 15 se observan los diferentes diámetros nominales de cables de acero de clase 3 x 19 con la carga de rotura en Toneladas métricas (T.M)

Tabla 15

## Cables de acero clase 6 x 19

Diámetro Nominal		Carga de Rotura (T.M.)			Peso aproximado	
		IPS		XIP	(kg/m)	
pulg	mm	FC	IWRC	IWRC	FC	IWRC
3/16	4,76	1,40	1,51	-	0,088	0,097
¼	6,35	2,48	2,67	3,08	0,156	0,173
5/16	7,94	3,86	4,15	4,78	0,244	0,268
3/8	9,52	5,53	5,95	6,85	0,351	0,387
7/16	11,11	7,50	8,06	9,25	0,480	0,520
½	12,70	9,70	10,43	12,00	0,620	0,680
9/16	14,29	12,20	13,10	15,20	0,800	0,880
5/8	15,87	15,10	16,20	18,70	0,980	1,070
¾	19,05	21,60	23,20	26,60	1,410	1,550
7/8	22,22	29,20	31,40	36,10	1,920	2,110
1	25,40	37,90	40,70	46,90	2,500	2,750
1”1/8	25,57	47,70	51,20	58,90	3,170	3,480
1”1/4	31,75	58,60	62,90	72,50	3,910	4,300
1”3/8	34,92	70,50	75,70	87,10	4,730	5,210
1”1/2	38,10	83,40	89,70	103,40	5,630	6,190

(Coque Gualpa Edison Patricio, 2009, pág. 163).

Se escogerá un cable de diámetro nominal 1/4 pulg (6,35 mm) con una carga de rotura de 2,48 Ton y comprobaremos si es correcto:

$$FS5 = \frac{2,48}{0,508} = 4,88$$

Es de indicar que se selecciona el cable tensor de ¼” por sobrepasar al factor seguridad nominal de 3,5, por tal razón el escogido es el correcto.

Columna de soporte del cable de acero

Con la fuerza que se obtiene en el cable tensor se puede calcular el tipo de viga que funcionará como columna para soporte del cable de acero. (Véase figura 48)

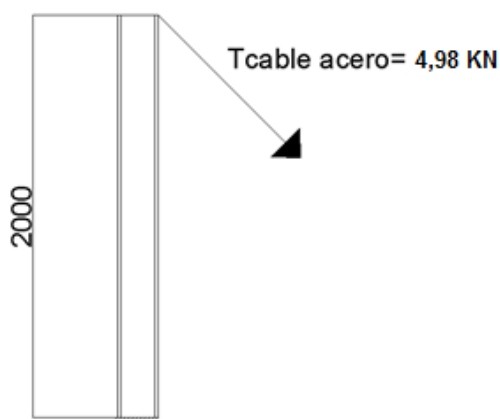


Figura 48 Diagrama libre columna soporte de cable de acero

Se eligió una viga HEB 200 la cual estará soldada a una placa base y esta a su vez a la viga soporte máquina oxicorte, se comprobará si es correcta la viga verificando la deformación que sufre.

$$\delta_{columna} = \frac{PxL^3}{3xExI}$$

$$P = \text{Cos}(30) \times 4,98 = 4,31 \text{ KN} = 440 \text{ kg}$$

$$L = 200 \text{ cm}$$

$$I = 3831 \text{ cm}^4$$

$$\delta_{columna} = \frac{440 \times (200)^3}{3 \times 2100000 \times 3831} = 0,146 \text{ cm}$$

$$\delta_{columna} = 1,46 \text{ mm}$$

Las deflexiones de las vigas y traveses de acero por efecto de cargas vivas e impacto a 1/800 del claro", por lo tanto la deflexión máxima sería la siguiente (McCormac Jack C, pág. 284):

$$\text{Claro}_2 = \frac{L_{Total}}{800}$$

$$\text{Claro}_2 = 2,5 \text{ mm}$$

La deflexión producida por la columna se encuentra dentro del límite permitido, por tal motivo la viga seleccionada es correcta.

$$W_{columna} = 61,3 \text{ kg/m}$$

$$W_{columna} = 122,6 \text{ kg}$$

A continuación se calcula el factor de seguridad de la columna:

$$FS6 = \frac{2,5}{1,46} = 1,7$$

El  $FS_6 = 1,7$ , el  $FS_{DiseñoNominal} = 1,5$  indicando que va a soportar la carga ejercida.

#### Unión entre vigas

La unión entre vigas se realizará con 1 viga IPB 300, sus detalles se encuentran los planos de diseño.

#### Perfiles laterales

Los perfiles laterales los cuales darán estabilidad al sistema se realizará viga IPB 300, sus detalles se encuentran en los planos de diseño.

#### Perfiles de fijación

Los perfiles de fijación evitaran que las vigas que sostienen la máquina de oxicorte tenga movimientos innecesarios y se realizará con perfil cuadrado, sus detalles se encuentran en los planos de diseño.

#### Marco soporte cable de acero

Está constituido de perfil cuadrado, sus detalles se encuentran en los planos de diseño.

El peso total de la estructura que va a sostener la máquina de oxicorte mientras se realiza el proceso de corte es de 1664 Kg, el cual debe ser repartido en los cilindros hidráulicos que realicen este proceso.

### **3.3.1.3 Diseño perfil para igualar palanquillas**

Para igualar las palanquillas se utilizará una barra cuadrada de 200x400 mm con una longitud de 5500 la cual estará empernada con el sistema hidráulico para alinear las palanquillas, la cual tendrá ruedas de acero para deslizarse sobre un riel. Se determinará la deflexión de la barra, según la fuerza ejercida por las palanquillas.

A continuación en la figura 49 se muestra el esquema.

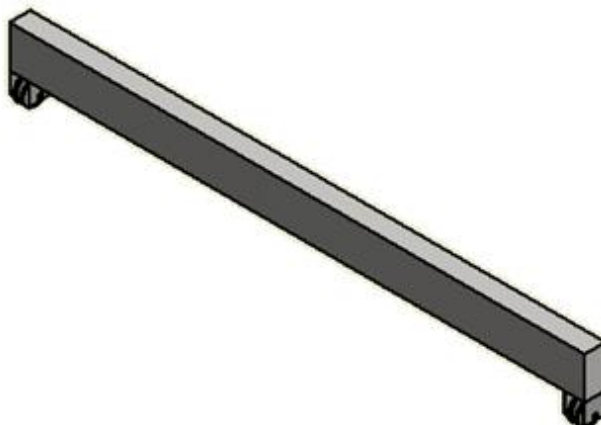


Figura 49 Barra cuadrada para igualar palanquillas

Esta se va a desplazar 10 cm igualando las 40 palanquillas en la cama de vigas.

A continuación en la figura 50 la vista frontal del sistema,



Figura 50 Vista frontal fuerza de cilindros hidráulicos en barra cuadrada para igualar palanquillas

Los cilindros hidráulicos junto con la barra deben desplazar el peso de 40 palanquillas igual a 60 Ton, es decir 60000 kg.

$$P_{40Palanquillas} = 60000 \quad \text{kg}$$

$$gravedad = 9,8 \quad \text{m/s}^2$$

$$\sum Fy = 0$$

$$F_{CH} - F_{Fricción} = 0$$

$$\mu_s = 0,74 \quad \text{Coeficiente de fricción estático (SERWAY, pág. 121)}$$

$$F_{Fricción} = \mu_s \times Normal$$

$$Normal = P_{40Palanquillas} \times gravedad$$

$$Normal = 588000 \quad \text{N}$$

$$F_{Fricción} = 0,74 \times 588000$$

$$F_{Fricción} = 435,12 \quad \text{KN}$$

Fuerza necesaria de los cilindros hidráulicos para mover 40 palanquillas

$$F_{CH} = 435,12 \text{ KN}$$



Se debe calcular el peso de la barra de acero que va a estar adherida a los cilindros hidráulicos para empujar las palanquillas, esta tiene las siguientes características:

$$Espesor1 = 0,20 \quad m$$

$$Base1 = 5,5 \quad m$$

$$Altura1 = 0,25 \quad m$$

$$VolumenP1 = Espesor1 \cdot Base1 \cdot Altura1 = 0,2805 \quad m^3$$

$$Densidad_{Acero} = 7850 \quad kg/m^3$$

$$P_{Barra1} = Densidad_{Acero} \cdot VolumenP1 = 2159 \quad kg$$

$$F_{Barra1} = 21,16 \quad KN$$

$$F_{TotalC} = F_{Plancha1} + F_{CH} = 456,3KN$$

$$F_{TotalC} = 46561,2 \quad kg$$

$F_{TotalC}$  es la fuerza total de los cilindros hidráulicos para mover las 40 palanquillas en una longitud de 550 cm.

$$C_{TotalC} = 84,65 \quad kg/cm$$

El eje estará sujeto a 2 cilindros hidráulicos estos ejercerán la presión necesaria para mover y alinear las palanquillas. (Véase figura 51 y 52)

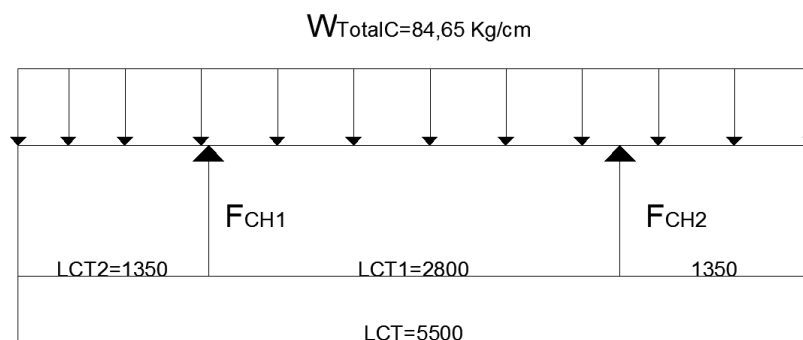


Figura 51 DCL del eje cuadrado

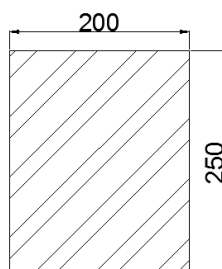


Figura 52 Perfil eje cuadrado

Deflexión entre apoyos

$$E = 2100000 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$W_{TotalC} = 84,65 \quad \text{kg/cm}$$

$$I_{Barracuadrada} = \frac{b1 \times h1^3}{12} \quad \text{cm}^4$$

$$h1 = 20 \quad \text{cm}$$

$$b1 = 25 \quad \text{cm}$$

$$L_{CT1} = 280 \quad \text{cm}$$

$$\delta_{Barra1} = \frac{5 \times W_{TotalC} \cdot L_{CT1}^4}{384 \cdot E \cdot I_{Barracuadrada}}$$

$$\delta_{Barra1} = 0,203 \quad \text{cm}$$

Deflexión máxima del eje cuadrado.

$$\delta_{total} = 2,03 \quad \text{mm}$$

Las deflexiones de las vigas y traves de acero por efecto de cargas vivas e impacto a 1/800 del claro", por lo tanto la deflexión máxima sería la siguiente (McCormac Jack C, pág. 284):

$$Claro_2 = \frac{L_{CT1}}{800}$$

$$Claro_2 = 3,375 \quad \text{mm}$$

La deflexión producida en la barra se encuentra dentro del límite permitido, por tal motivo es correcto.

El factor de seguridad de la barra para alinear las palanquillas, en la deflexión entre los cilindros hidráulicos es la siguiente:

$$FS7 = \frac{3,375}{2,03} = 1,8$$

Deflexión viga voladiza

$$E = 2100000 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$W = 89,62 \quad \text{kg/cm}$$

$$I_{Barracuadrada} = \frac{b1 \times h1^3}{12} \quad \text{cm}^4$$

$$h1 = 20 \quad \text{cm}$$

$$b1 = 25 \quad \text{cm}$$

$$L_{CT2} = 135 \quad \text{cm}$$

$$\delta_{Barras} = \frac{W_{TotalC} \cdot L_{CT}^2}{8 \cdot E \cdot I_{Barracuadrada}}$$

$$\delta_{Barras} = 0,1 \quad \text{cm}$$

Deflexión máxima del eje cuadrado.

$$\delta_{total} = 1 \quad \text{mm}$$

Las deflexiones de las vigas y traveses de acero por efecto de cargas vivas e impacto es a 1/800 del claro, por lo tanto la deflexión máxima sería la siguiente (McCormac Jack C, pág. 284):

$$Claro_2 = \frac{L_{CT}1}{800}$$

$$Claro_2 = 1,69 \quad \text{mm}$$

La deflexión producida en la barra se encuentra dentro del límite permitido, por tal motivo es correcto.

El factor de seguridad de la barra para alinear las palanquillas, en la deflexión entre los cilindros hidráulicos es la siguiente:

$$FS8 = \frac{1,69}{1} = 1,69$$

#### Selección de Ruedas y Riel

Se van a utilizar 2 ruedas (Abad Miguel)

$$F_{Barras} = 33,89 \quad \text{KN}$$

Se divide la  $F_{Barras}$  para el número de ruedas que va a estar asentada la barra.

$$F_{Rueda\ c/u} = \frac{F_{Barras}}{2}$$

$$F_{Rueda\ c/u} = 16,95 \quad \text{KN}$$

$$Dn = \frac{Rm}{P_{lim} \cdot b \cdot C_1 \cdot C_2}$$

$Dn$ =Diámetro de la rueda en banda de rodadura (mm)

$Rm$ =Reacción media sobre la rueda (N)

$P_{lim}$ =Presión límite del material utilizado(N/mm<sup>2</sup>)

$b$ =Ancho efectivo del riel (mm)

$C_1$ =Coeficiente que depende de la clase de mecanismo

$C_2$ =Coeficiente en función de la velocidad de rotación de la rueda.

$$Rm=16950 \text{ N}$$

$$P_{lim}=5,6 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$b=37 \text{ (mm) Riel Tipo BURBACH A45}$$

$$C_1=1$$

$$C_2=0,97$$

$$Dn = \frac{16950}{5,6 \times 37 \times 1 \times 0,97}$$

$$Dn = 84,4 \text{ mm}$$

Con  $Dn$  se selecciona la rueda de diámetro=250 en la página 213 según el libro Grúas del autor Emilio Larrode y Antonio Miravete, el cual sigue las normas DIN 15049, además se elige el riel tipo BURBACH A45 del cual se utilizaron sus datos para la selección de la rueda.

#### 3.3.1.3.1 Diseño de paro mecánico

El sistema para alinear las palanquillas es un sistema de precisión, por tal razón se diseñara un paro mecánico el cual permita detener el perfil a la distancia requerida (100 mm de la primera viga desde el sistema para alinear palanquillas), esto se lo realizará por seguridad ya que puede haber cualquier inconveniente en el sistema de sensores.

Existirán 4 paros mecánicos que detendrán el perfil, la carga que ejercerá sobre estos es igual a la fuerza de los 2 cilindros hidráulicos que alinearan las palanquillas es de decir un alrededor de 50 toneladas.

En la figura 53 se muestra una isometría del paro mecánico

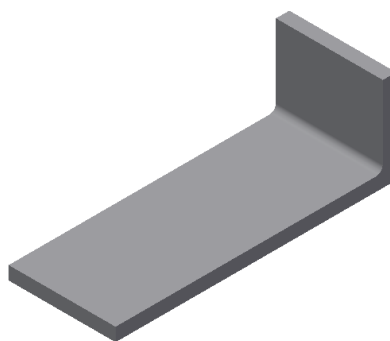


Figura 53 Paro mecánico

Está constituida por 2 piezas, y sus medidas son las siguientes:

Pieza 1:

$$b1 = 1000$$

$$h1 = 400$$

$$b1 = 50$$

Pieza 2:

$$b2 = 350$$

$$h2 = 400$$

$$b2 = 50$$

Las mencionadas piezas estarán unidas por medio de soldadura, se realizará el cálculo con electrodo E60XX, a continuación se desarrollará su respectivo cálculo, la altura de la garganta  $h=1/2''$ .

Se calcula el esfuerzo cortante primario en las soldaduras (Diseño de Ingeniería mecánica de Shigley, Octava edición, pág. 469)

$$\tau' = \frac{V}{A}$$

$$V = \frac{50000kg}{4} = 12500Kg$$

$$A = 0,707hd = 0,707x12,7x400 = 3591,12mm^2 = 35,91cm^2$$

$$\tau' = \frac{V}{A} = \frac{12500kg}{35,91cm^2} = 348,09 \frac{kg}{cm^2} = 3,48ksi$$

Esfuerzo cortante nominal en la garganta

$$\tau'' = \sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$I_u = \frac{d^3}{12} = \frac{40^3}{12} = 5333,3cm^3$$

$$I = 0,707xhxI_u = 0,707x12,7x5333,3 = 47887,5cm^4$$

$$\tau'' = \frac{12500x100x40}{2x47887,5} = 522,06 \frac{kg}{cm^2} = 5,22ksi$$

Esfuerzo cortante resultante

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2} = \sqrt{3,48^2 + 5,22^2} = 6,27ksi$$

Según la tabla 9,6 (Diseño de Ingeniería mecánica de Shigley, Octava edición, pág. 473), el esfuerzo cortante permisible del material de aporte es:

$$\tau_{perm} = 18 Ksi$$

$\tau_{perm} \geq \tau$ , la unión resulta satisfactoria

Este elemento estará unido por medio de 4 pernos de unión a la estructura de hormigón armado donde se encuentra el sistema hidráulico para alinear las palanquillas, del catálogo HILTI se ha seleccionado:

Anclaje de expansión – Varillas HAS SS (304 SS) en concreto 1 1/4” x 12

### 3.3.1.4 Diseño de placa guía palanquillas

Para guiar las palanquillas se utilizará una placa de 400x6 mm con una longitud de 5500 la cual estará empernada con el sistema hidráulico de guía para ubicación de palanquilla, la cual tendrá ruedas de acero para deslizarse sobre una estructura base.

A continuación en la figura 54 se muestra el esquema.

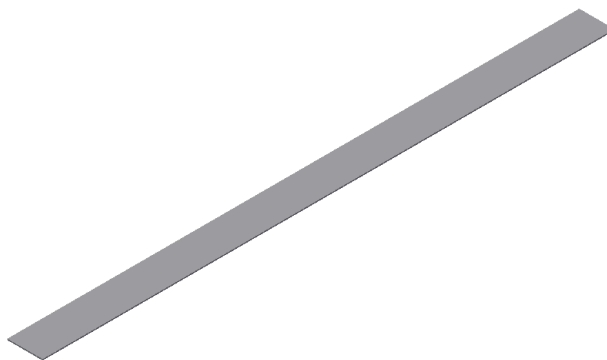


Figura 54 Placa guía de palanquillas

Esta se va a desplazar 20 cm para que el sistema pueda alinear las palanquillas.

Se debe calcular el peso de la placa de acero que va a estar adherida al sistema guía, esta tiene las siguientes características:

$$Espesor2 = 0,012 \quad m$$

$$Base2 = 5,5 \quad m$$

$$Altura2 = 0,40 \quad m$$

$$VolumenP2 = Espesor2 \cdot Base2 \cdot Altura2 = 0,132 \quad m^3$$

$$Densidad_{Acero} = 7850 \quad kg/m^3$$

$$P_{Placaguia}1 = DensidadAcero \cdot VolumenP2 = 207,24 \quad kg$$

$$F_{Placaguia}1 = 2,04 \quad KN$$

#### Selección de Ruedas

Se van a utilizar 3 ruedas, se divide la  $F_{Placaguia}1$  para el número de ruedas que va a estar asentada la barra (HERVIEU).

$$F_{Rueda\ c/u}2 = \frac{F_{Placaguia}1}{3}$$

$$F_{Rueda_u} \cdot 2 = 1,02 \text{ KN} = 103,62 \text{ kg}$$

Las ruedas se deslizaran sobre una estructura base, estas son seleccionadas del catálogo HERVIEU es la siguiente - HF6BA125-11LRB que viene adherida a una placa para sujeción, la cual soporta una carga máxima de 600 kg.

### 3.3.1.5 Factores de seguridad

En este punto se observarán los factores de seguridad calculados en el diseño mecánico y se compararán con el nominal que se eligió al comienzo del diseño.

Véase en la tabla 16.

Tabla 16

Factores de Diseño

ELEMENTO	NOMINACIÓN	FACTOR DE SEGURIDAD CALCULADO DE CADA ELEMENTO	FACTOR DE SEGURIDAD NOMINAL DE CADA ELEMENTO	CONCLUSIONES
Perno de anclaje	FS1	1,8	1,5	Sin novedad
Viga IPE 500	FS2	1,8	1,5	Sin novedad
Perno de topes	FS3	1,8	1,5	Sin novedad
Vigas soporte máquina oxicorte (Influye en la distancia entre la boquilla de corte y la palanquilla)	FS4	3,22	1,5	Es alto, pero por motivo del sistema de corte, para que la máquina de oxicorte no se acerque mucho a las palanquillas, cumple con lo establecido.
Cable tensor	FS5	4,88	3,5	El cable tensor seleccionado cumple superando al factor nominal de los cables tensores
Columna de soporte del cable de acero	FS6	1,7	1,5	Sin novedad
Perfil de alineamiento entre apoyo	FS7	1,8	1,5	Sin novedad
Perfil de alineamiento entre apoyo	FS8	1,7	1,5	Sin novedad

### 3.3.2 DISEÑO HIDRÁULICO

Se realizó un modelo del sistema hidráulico para igualar la palanquilla y del sistema hidráulico de guía para ubicación de palanquilla, en el cual se comprobó que el sistema alinea a las palanquillas para seguir con el proceso de corte.

Se adjunta informe en el ANEXO D.

Para la elección de la bomba hidráulica y su presión de trabajo correspondiente, la Tabla 17 muestra los tipos de bombas en el mercado y su eficiencia.

Tabla 17

#### Bombas hidráulicas

BOMBAS	Amplitud Presión	Volumen	Amplitud Velocidad	Eficiencia Volum.	Eficiencia Total
<b>Bomba de engrane Baja Presión</b>	0 lb/pulg <sup>2</sup>	5 Gal/min	500 rpm	80%	75-80%
<b>Bomba de engrane 1500 Lb/pulg</b>	1500 lb/pulg <sup>2</sup>	10 Gal/min	1200 rpm	80%	75-80%
<b>Bomba de engrane 2000 Lb/pulg</b>	2000 lb/pulg <sup>2</sup>	15 Gal/min	1800 rpm	90%	80 - 85 %
<b>Bomba Paleta equilib. 1000 Lb/pulg</b>	1000 lb/pulg <sup>2</sup>	1,1 - 55 Gal/min	1000 rpm	>90%	80 - 85 %
<b>Bomba Pistón Placa Empuje angular</b>	3000 lb/pulg <sup>2</sup>	2 - 120 Gal/min	1200 - 1800 rpm	90%	>85%
	5000 lb/pulg <sup>2</sup>	7,5 - 41 Gal/min		90%	>80%
<b>Diseño Dynex</b>	6000 - 8000 lb/pulg <sup>2</sup>	2,9 - 4,2 Gal/min	1200 - 2200 rpm	90%	>85%

(Luis Gabriel Soto Acosta)

Para el sistema propuesto se estima utilizar una bomba pistón placa que es común en el mercado con una presión máxima de 3000 psi (210 Kg/cm<sup>2</sup>) con una eficiencia del 0,85%.

$$P_{NominalMaxBomba} = 210 \times 0,85 = 178,5 \frac{kg}{cm^2} = 175 \text{ bar}$$

$$P_{Mintrabajo} = 100 \frac{kg}{cm^2} = 98 \text{ bar}$$

$$P_{MaxBomba} = 150 \frac{kg}{cm^2} = 147 \text{ bar}$$



### 3.3.2.1 Sistema hidráulico para alinear la palanquilla (SHA)

En la Figura 55 se muestra el esquema hidráulico del sistema para igualar la palanquilla.

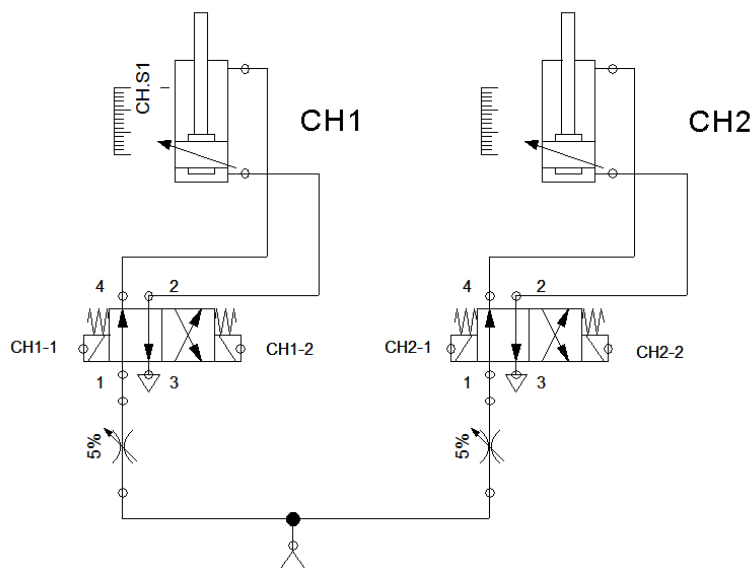


Figura 55 Esquema Hidráulico del sistema para igualar la palanquilla. (FLUIDSIM)

Para realizar el diseño del sistema hidráulico para igualar la palanquilla se debe calcular lo siguiente:

- Diseño de los cilindros hidráulicos.
- Selección del cilindro hidráulico según catálogo comercial ENERPAC

#### 3.3.2.1.1 Diseño de los cilindros hidráulicos

El esfuerzo a realizar debe ser calculado teniendo en cuenta las condiciones de trabajo, componentes, etc. (Roquet, Catálogo Cilindros Hidráulicos)

$$P = \frac{F_{TotalC}}{A_{Trabajo}}$$

Para la selección del cilindro hidráulico se dividirá la fuerza total necesaria para mover las 40 palanquillas entre 2, de tal manera se colocarán los cilindros hidráulicos con el eje en el perfil de alineamiento de las palanquillas en forma equitativa con relación a las distancias. Se calcula el diámetro del pistón (Catálogo Cilindros Hidráulicos).

$$F_{TotalC} = \frac{49392,86}{2} \quad \text{kg}$$

$$F_{TotalC} = 24696,43 \quad \text{kg}$$

Se calcula el nuevo diámetro del cilindro interior:

$$\varnothing_{Cilindro1} = \sqrt{\frac{4xF_{TotalC}}{\pi x P_{Maxtrabajo}}} = \sqrt{\frac{4x24696,43}{\pi x 150}} = 14,48 \quad \text{cm}$$

$$\varnothing_{Cilindro1} = 144,8 \text{ mm}$$

### Longitud máxima al pandeo ( $L_p$ )

En función del diámetro del vástago y la fuerza a soportar por el cilindro se obtiene la longitud máxima al pandeo  $L_p$ . El gráfico de la figura 56 contiene los diámetros con valores admisibles a pandeo según la fuerza ejercida a compresión por su respectivo pistón y con un coeficiente de seguridad de 2,5. (Catalogo Cilindros Hidráulicos).

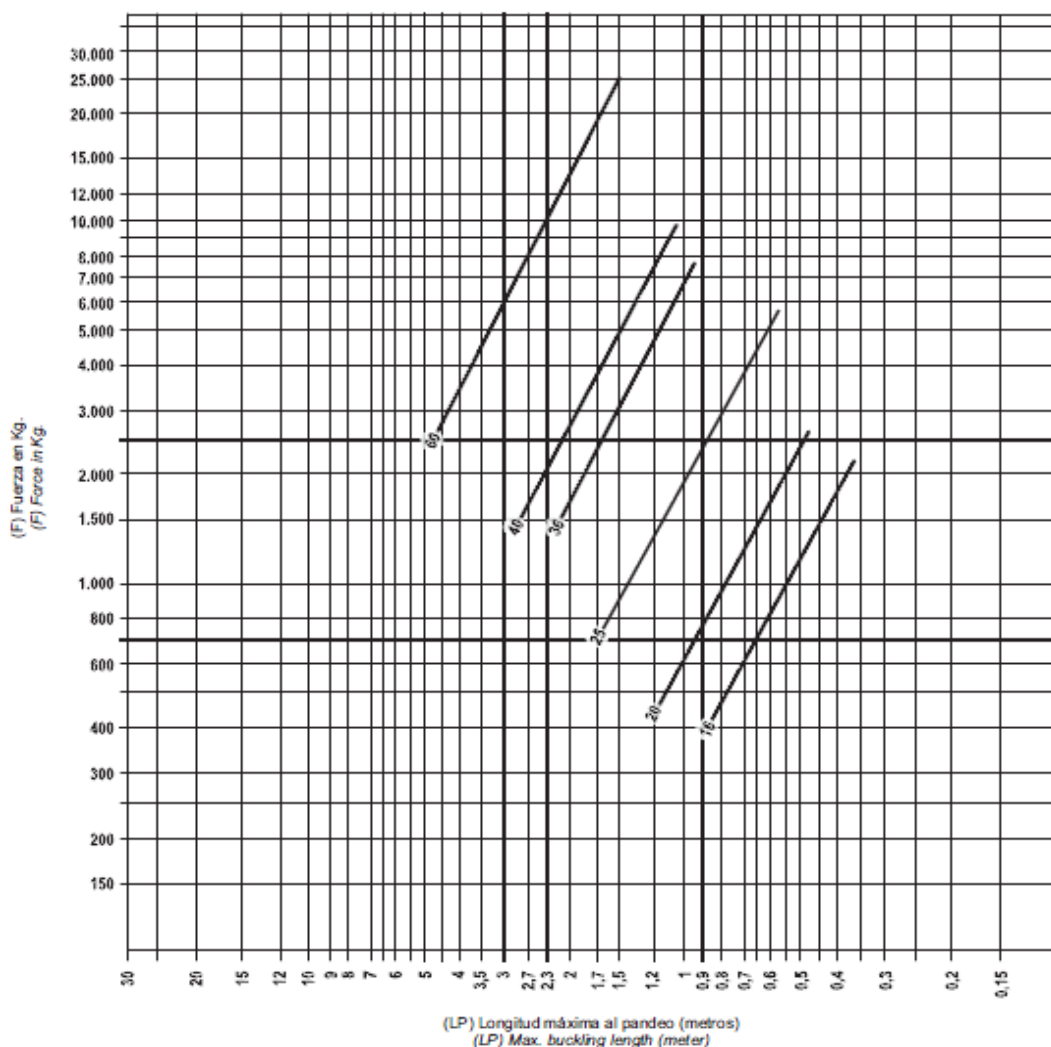


Figura 56 Diagrama para elegir la longitud máxima de pandeo del vástago (Roquet, Catalogo Cilindros Hidráulicos).

La fuerza aplicada es de 24696,43 kg y para el diámetro del vástago de 60 mm la longitud máxima al pandeo es de aproximadamente 1,5 m, de tal manera se puede elegir las longitudes de los cilindros hidráulicos sin que sobrepasen los 1,5 m.

En la figura 57 se puede observar la configuración de válvulas de control para proporcionar un empuje uniforme de las cargas.

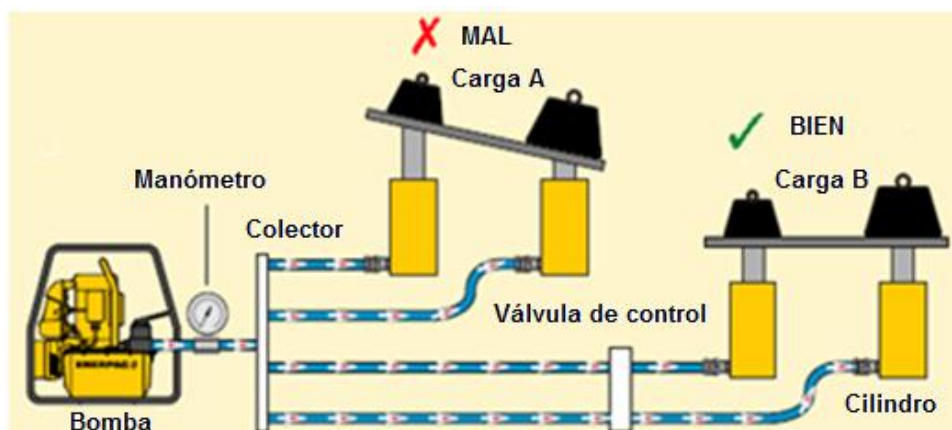


Figura 57 Configuración de válvulas de control para proporcionar una elevación uniforme de la carga

(ENERPAC)

3.3.2.1.2 Selección del cilindro hidráulico (ENERPAC) según catálogo comercial

ENERPAC

Para controlar adecuadamente la posición de salida y retorno del vástago se ha seleccionado un cilindro hidráulico de doble efecto.

En la página 34 del catálogo el aproximado a las características del diseño del pistón es el cilindro de modelo RR-5013 con las siguientes características:

- Carrera de 334 mm,
- Fuerza máxima del cilindro de 50 Toneladas,
- Diámetro exterior del cilindro de 127 mm,
- Diámetro interior del cilindro 95,2 mm,
- Diámetro de vástago de 79,5 mm,
- Presión máxima de trabajo del cilindro hidráulico 700 bar,
- Peso del cilindro 52 kg,
- Se incluyen enchufes rápidos CR-400 en todos los modelos. Apropriados para cualquier manguera de la serie HC.

- El cilindro estará sujeto a la columna de estructura de hormigón armado con una horquilla.

Sus características cumplen con lo requerido para el sistema.

En la página 123 del catálogo utilizado como guía se encuentra la lista de accesorios necesarios para completar el diseño del sistema hidráulico.

- Las mangueras para alta presión pueden alcanzar hasta 700 bar para el sistema hidráulico diseñado se escogerá las mangueras de modelo HC-7220, las cuales tienen las siguientes características:

Diámetro interno 6,4 mm,

Enchufes y terminales para extremos de manguera (1 extremo 3/8" NTFP, 2 extremo CH-604),

Longitud de manguera 6.1 m,

Peso 2,9 kg.

Para determinar la capacidad de aceite de la manguera, se utilizan las siguientes fórmulas:

Para manguera diámetro interno de 6,4 mm:

$$\text{Capacidad} = 32,1699 \times \text{Longitud (m)} \quad \text{cm}^3$$

$$\text{Capacidad} = 196,22 \quad \text{cm}^3$$

Se necesitan 4 mangueras para interconexión del banco hidráulico con los cilindros hidráulicos.

- En el Aceite hidráulico ENERPAC vienen 60 litros por envase (Modelo HF-95Z).
- Colector para los 2 cilindros, de 369 mm de longitud que permite montaje directo de las válvulas de control al distribuidor.
- Electroválvula 24VDC, 4 vías 2 posiciones, las cuales deben estar instaladas a la misma distancia antes de llegar a los cilindro hidráulico.

Velocidad de trabajo:

$$V_{\text{vástago}} = \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}}$$

Se considerará que la distancia que tiene que recorrer el vástago es de 200 mm/min.

$$V_{\text{vástago}1} = 0,003 \quad \text{m/s}$$

Q1 es el caudal de la bomba hidráulica para mover el cilindro.

$$Q1 = V_{vástago1} \times A_{Trabajo1} = 0,003 \times \frac{\pi \times \phi_{vástago1}^2}{4} = 0,00006 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q1 = 3,6 \quad \text{lt/min}$$

P1 es la presión necesaria para mover el cilindro hidráulico escogido.

$$P1 = \frac{F_{TotalC}}{A_{Trabajo1}} = \frac{24696,43}{\frac{\pi \times \phi_{vástago1}^2}{4}} = 124,7 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 122,3 \text{ bar}$$

Cálculo de la potencia para el motor para la central hidráulica (Neumática, Hidráulica y electricidad aplicada, págs. 160-161):

$$PotenciaM(HP) = \frac{P_{MaxBomba}(\text{bar}) \times Q1(\text{lt}/\text{min})}{450}$$

$$PotenciaM(HP) = \frac{147 \times 3,6}{450} = 1,18 \text{ HP}$$

$$PotenciaM(HP) = 1,25 \text{ HP}$$

Cálculo de la capacidad del depósito de aceite de la central hidráulica:

El volumen del depósito debe ser 3 veces el caudal de la central hidráulica.

$$V_{CH}(\text{lt}) = 3 \times Q1 \left( \frac{\text{lt}}{\text{min}} \right) = 3 \times 3,6 = 10,8 \text{ lt}$$

El volumen mínimo del depósito de aceite de la central hidráulica es de 11lt.

### 3.3.2.2 Sistema hidráulico de guía para ubicación de palanquilla (SHG).

En la Figura 58 se muestra el esquema hidráulico guía para ubicación de palanquilla:

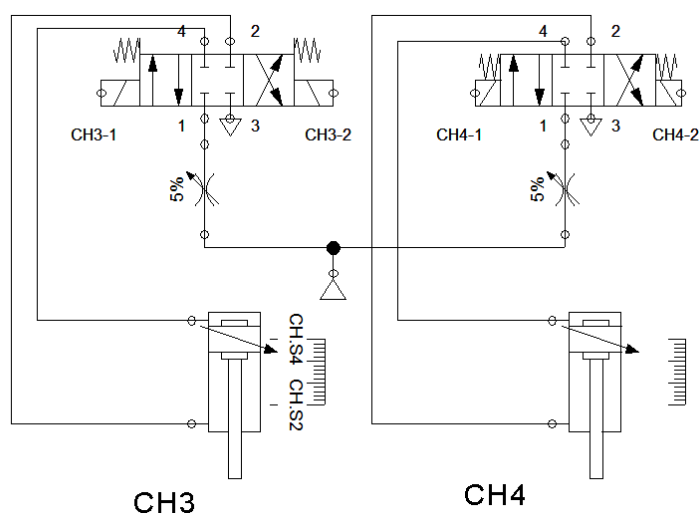


Figura 58 Esquema hidráulico para el sistema de oxicorte (FLUIDSIM)

Para realizar el diseño del sistema hidráulico se debe realizar lo siguiente:

- Diseño de los cilindros hidráulicos
- Selección del cilindro hidráulico según catálogo comercial ENERPAC

### 3.3.2.2.1 Diseño de los cilindros hidráulicos

El sistema hidráulico de guía para ubicación de palanquilla estará conectado a la central hidráulica del sistema hidráulico para igualar la palanquilla (Roquet, Catalogo Cilindros Hidráulicos).

Para el sistema guía de las palanquillas se utilizará una plancha de las siguientes medidas:

$$e_{Plancha1} = 0,012 \text{ m}$$

$$b_{Plancha1} = 5,50 \text{ m}$$

$$h_{Plancha1} = 0,40 \text{ m}$$

Se calcula el peso de la plancha:

$$W_{Plancha1} = \text{Densidad}_{Acero} \times e_{Plancha1} \times b_{Plancha1} \times h_{Plancha1} = 207,24 \text{ kg}$$

$$\frac{W_{Plancha1}}{2} = 103,6 \text{ kg fuerza ejercida en cada cilindro}$$

$$P_{Bomba} = 150 \times 0,85 = 127,5 \quad \text{kg/cm}^2$$

Se calcula el diámetro mínimo teórico del cilindro:

$$\emptyset_{Cilindro2} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{W_{Plancha1}}{2}}{\pi \times P}} = \sqrt{\frac{4 \times 103,6}{\pi \times 150}} = 0,94 \text{ cm}$$

$$\emptyset_{Cilindro2} = 9,4 \text{ mm}$$

### Longitud máxima al pandeo ( $L_p$ )

En función de la carrera que va a realizar el cilindro hidráulico (200 mm) y la fuerza en Kg que va a soportar, se obtiene el diámetro del vástago necesario para que no pandee al momento de activarse el cilindro hidráulico (Catalogo Cilindros Hidráulicos).

Según la figura 56, con una longitud de 0,3 m que va a estar extendido el pistón y con una fuerza de 103,6 kg, el mínimo diámetro para que no pandee es de 16 mm, de tal manera se puede elegir un cilindro con un diámetro mínimo de 16 mm o superior.

### 3.3.2.2.2 Selección del cilindro hidráulico (Catálogo Comercial)

Para controlar adecuadamente la posición de salida y retorno del vástago se ha seleccionado un cilindro hidráulico de simple efecto para el sistema de guía de palanquillas en el cual se van a utilizar 2 cilindros hidráulicos.

Características del cilindro hidráulico:

En la página 34 del catálogo el aproximado a las características del diseño del vástago es el cilindro de modelo RR-1012 con las siguientes características:

- Cantidad 2,
- Fuerza máxima del cilindro de 10 Toneladas,
- Carrera de 305 mm,
- Diámetro exterior del cilindro 73 mm,
- Diámetro interior del cilindro 42,9 mm
- Diámetro de vástago de 34,9 mm,
- Presión máxima de 700 bar,
- Peso del cilindro 14 kg,
- El cilindro estará sujeto a una mesa de estructura formada de perfil cuadrado con una plancha de 12 mm.

Sus características cumplen a lo requerido con relación a la carrera para el sistema.

En la página 123 se encuentra la lista de accesorios necesarios para completar el diseño del sistema hidráulico.

- Las mangueras para alta presión pueden alcanzar hasta 700 bar para el sistema hidráulico diseñado se escogerá las mangueras de modelo HC-7220 en la página 125, las cuales tienen las siguientes características:

Cantidad 2 mangueras,

Diámetro interno 6,4 mm,

Enchufes y terminales para extremos de manguera (1 extremo 3/8" NTFP, 2 extremo CH-604),

Longitud de manguera 6.1 m,

Peso 2,9 kg.

Para determinar la capacidad de aceite de la manguera, se utilizan las siguientes fórmulas:

Para manguera diámetro interno de 6,4 mm:

$$\text{Capacidad} = 32,1699 \times \text{Longitud (m)} \quad \text{cm}^3$$

$$\text{Capacidad} = 128,68 \quad \text{cm}^3, \text{ por cada manguera}$$

Se necesitan 4 mangueras para interconexión del banco hidráulico con los cilindros hidráulicos.

- En el Aceite hidráulico ENERPAC vienen 60 litros por envase (Modelo HF-95Z).
- Colector para los 2 cilindros, de 369 mm de longitud que permite montaje directo de las válvulas de control al distribuidor.
- Electroválvula 24VDC, 4 vías 3 posiciones, las cuales deben estar instaladas a la misma distancia antes de llegar a los cilindros hidráulicos.

Velocidad de trabajo:

Como es la misma central hidráulica va a tener el mismo caudal  $Q_1=3,6 \text{ lt/min}$

$$Q_1(\text{lt/min}) = A_2 \times V_2 \quad (\text{Neumática, Hidráulica y electricidad aplicada})$$

$$v_2 = \frac{Q_1}{A_2}$$

$$v_2 = \frac{0,00006}{\frac{\pi \times \phi_{\text{vástago}}^2}{4}} = \frac{4 \times 0,00006}{\pi \times 0,0349^2}$$

$$v_2 = 0,0627 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3700 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

Por tal motivo el recorrido del vástago de los cilindros hidráulicos del sistema guía será de alrededor de 4 segundos.

### 3.3.2.3 Sistema hidráulico para elevar y descender la estructura que sostiene la máquina de oxicorte (SHMO).

En la Figura 59 se muestra el esquema hidráulico para elevar y descender la estructura que sostiene la máquina de oxicorte:



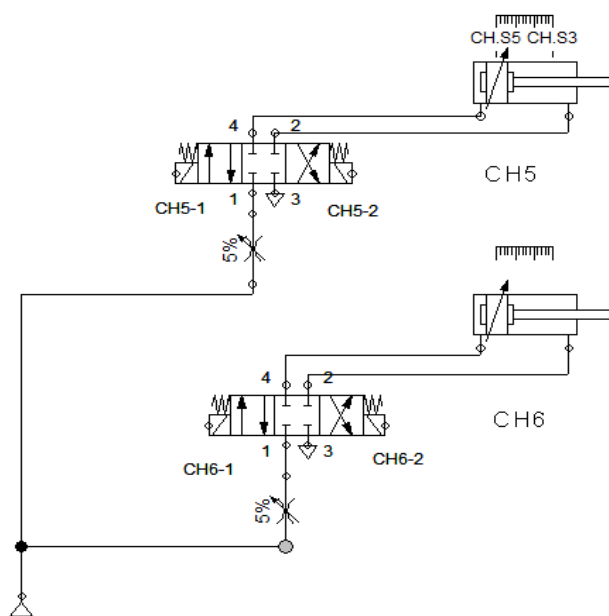


Figura 59 Esquema hidráulico para la estructura que sostiene la máquina de oxicorte (FLUIDSIM)

Para realizar el diseño del sistema hidráulico se debe realizar lo siguiente:

- Diseño de los cilindros hidráulicos
- Selección del cilindro hidráulico según catálogo comercial ENERPAC

### 3.3.2.3.1 Diseño de los cilindros hidráulicos

$$W_{TotalCMO} = 1664 \quad \text{kg}$$

$$\frac{W_{TotalCMO}}{2} = 833 \quad \text{kg}$$

$$P_{Bomba} = 150 \times 0,85 = 127,5 \quad \text{kg/cm}^2$$

Se calcula el diámetro del pistón:

$$\phi_{Cilindro3} = \sqrt{\frac{4 \times W_{TotalCMO}}{\pi \times P}} = \sqrt{\frac{4 \times 833}{\pi \times 150}} = 2,67 \text{ cm}$$

$$\phi_{Cilindro3} = 26,7 \text{ mm}$$

Longitud máxima al pandeo ( $L_p$ ):

En función de la carrera que va a realizar el vástago (1000 mm para que el montacargas introduzca las palanquillas sin ningún problema) y la fuerza en Kg que va a soportar se obtiene el diámetro del vástago necesario para que no pandee al

momento de activarse el cilindro hidráulico (Roquet, Catalogo Cilindros Hidráulicos).

Según la figura 56, con una longitud de 1 m que va a estar expandido el vástago y con una fuerza de 833 Kg, el mínimo diámetro del vástago para que no pandee es de 25 mm, de tal manera se puede elegir un cilindro con un diámetro mínimo de 25 mm o superior.

#### 3.3.2.3.2 Selección del cilindro hidráulico (ENERPAC)

Para controlar adecuadamente la posición de salida y retorno del vástago se ha seleccionado un cilindro hidráulico de doble efecto para elevar y descender la estructura soporte máquina de oxicorte en el cual se van a utilizar 2 cilindros hidráulicos.

Características del cilindro hidráulico:

En la página 34 del catálogo el aproximado a las características del diseño del pistón es el cilindro de modelo RR-20048 con las siguientes características:

- Carrera de 1219 mm,
- Fuerza máxima del cilindro de 200 Toneladas,
- Diámetro exterior del cilindro 247 mm,
- Diámetro interior del cilindro 190,5 mm,
- Diámetro de vástago de 133,4 mm,
- Presión máxima de 700 bar,
- Peso del cilindro 483 kg,
- Se incluyen enchufes rápidos CR-400. Apropriados para cualquier manguera de la serie HC.
- El cilindro estará sujeto a una mesa de estructura formada de perfil cuadrado con una plancha de 12 mm, sujetado con una brida a la mesa.

Sus características cumplen a lo requerido con relación a la carrera para el sistema.

En la página 123 se encuentra la lista de accesorios necesarios para completar el diseño del sistema hidráulico.

- Las mangueras para alta presión pueden alcanzar hasta 700 bar para el sistema hidráulico diseñado se escogerá las mangueras de modelo HC-7220 en la página 125, las cuales tienen las siguientes características:

Cantidad 2 mangueras,

Diámetro interno 6,4 mm,

Enchufes y terminales para extremos de manguera (1 extremo 3/8" NTFP, 2 extremo CH-604),

Longitud de manguera 6.1 m,

Peso 2,9 kg.

Para determinar la capacidad de aceite de la manguera, se utilizan las siguientes fórmulas:

Para manguera diámetro interno de 6,4 mm:

$$\text{Capacidad} = 32,1699 \times \text{Longitud (m)} \quad \text{cm}^3$$

$$\text{Capacidad} = 128,68 \quad \text{cm}^3, \text{ por cada manguera}$$

Se necesitan 2 mangueras para interconexión del banco hidráulico con los cilindros hidráulicos.

- En el Aceite hidráulico ENERPAC vienen 60 litros por envase (Modelo HF-95Z).
- Colector para los 2 cilindros, de 369 mm de longitud que permite montaje directo de las válvulas de control al distribuidor.
- Electroválvula 24VDC, 4 vías 3 posiciones, las cuales deben estar instaladas a la misma distancia antes de llegar a los cilindro hidráulico.
- Válvula reguladora de presión entre 50 a 200 Bar, y para caudal de 3,6 lt/min catálogo ENERPAC modelo V-152

Velocidad de trabajo:

$$Q1(\text{lt}/\text{min}) = A3 \times v3 \quad (\text{José Roldán Viloria})$$

$$v3 = \frac{Q1}{A3}$$

$$v3 = \frac{0,00006}{\frac{\pi \times \phi_{\text{vástagos}}^2}{4}} = \frac{4 \times 0,00006}{\pi \times 0,1334^2}$$

$$v3 = 0,0043 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 257,57 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

De tal manera la carrera de los cilindros hidráulicos del sistema hidráulico para elevar y descender la estructura que sostiene la máquina de oxicorte será de alrededor de 5 minutos, por tal motivo se utilizará una válvula reguladora de presión para

descender la presión a la mitad (75 bar) y a su vez aumentar el caudal de  $v_3$  al doble. Por lo expuesto la carrera se realizará en 2,5 minutos.

### 3.3.3 SELECCIÓN MÁQUINA DE OXICORTE

Se ha seleccionado la máquina de oxicorte ALL POSITION CUTTING CARRIAGE –KAT II de marca GULLCO (GULLCO International Limited- distribuye INDURA) (Véase Figura 60), a continuación sus elementos:

- KAT® II Carriage– Model GK-189-045
- Cutting or welding torch rack accessory GK-189-054
- Track mounting device with on/off magnet GK-165-215
- Kat Track GK-165-052-1
- Track mounting device with angle bracket GK-165-217
- CUTTING TOCH KOIKE 500L
- Twin Torch adapter part # ZA 3312001

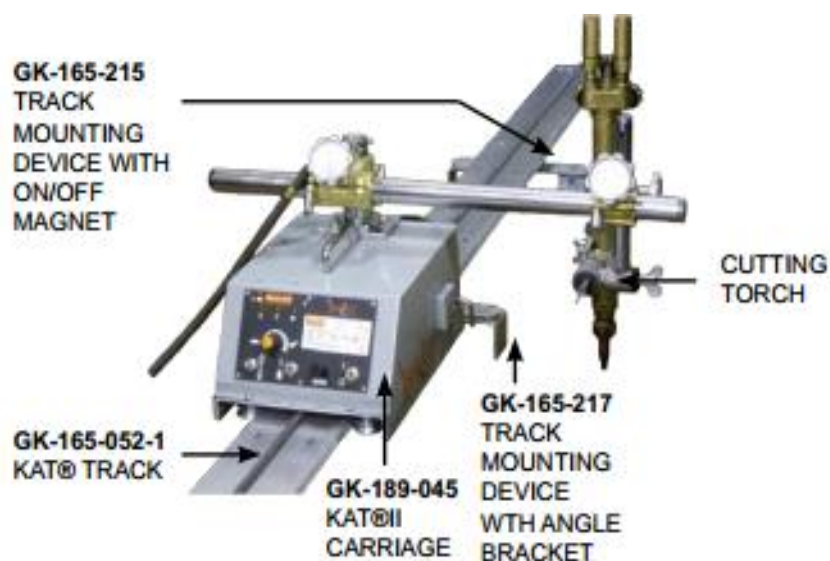


Figura 60 ALL POSITION CUTTING CARRIAGE –KAT II GULLCO (GULLCO International Limited- distribuye INDURA)

La cortadora GULLCO se la eligió ya que se magnetiza a la estructura soporte de la máquina de oxicorte la cual dará la estabilidad necesaria para el corte, su sistema de recorrido es por medio de engranajes los cuales permiten que su avance sea lineal sin desviaciones.

En la máquina de oxicorte se necesita que la antorcha sea de mayor longitud por tal razón se elegirá los elementos de KOIKE los cuales se adaptan a la maquinaria GULLCO:

Cutting torch Part number Torch holder, part # ZS 61108

Véase en la figura 61

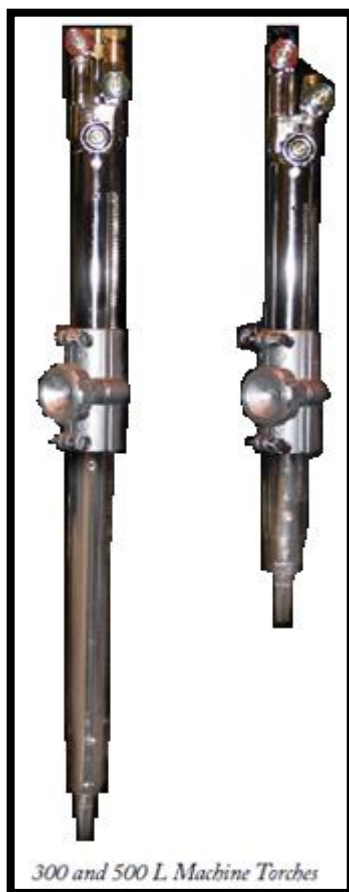


Figura 61 Part # ZS 61108 (KOIKE ARONSON INC.)

Además se eligió un adaptador Twin Torch adapter part # ZA 3312001 en el cual se desprende dos boquillas las cuales ayudaran a precalentar las palanquillas para el oxicorte Véase en la figura 62

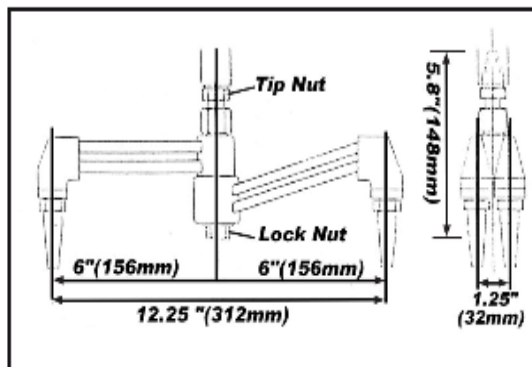
*Twin Torch Adapter*

Figura 62 Twin Torch adapter part # ZA 3312001 (KOIKE ARONSON INC.)

Las características técnicas de la máquina de oxicorte se encuentran en el anexo E.

### 3.3.3.1 Descripción proceso de Oxicorte

El proceso de oxicorte comenzará cuando el sistema hidráulico para elevar y descender la estructura que sostiene la máquina de oxicorte, descienda y se coloque a la distancia según diseño para empezar el proceso, teniendo una distancia entre boquilla y palanquilla entre 4 a 6 mm.

La máquina seleccionada tiene un sistema de avance y retroceso de tal manera el oxicorte tendrá un recorrido lineal en su estructura base.

Para obtener la longitud de palanquilla deseada por la empresa ANDEC, la máquina tiene un sistema de cremallera, el cual desplaza la antorcha de oxicorte a la posición de inicio de acuerdo a las medidas solicitadas por el departamento de Laminación.

## CAPITULO 4

### AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

En la automatización se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos, a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte Operativa
- Parte de Mando

La *Parte Operativa* es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores, sensores, finales de carrera etc.

La *Parte de Mando* suele ser relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). Esto debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado (Grupo Master).

#### Objetivos de automatizar el sistema

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos físicos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones de forma automática.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.

En la tabla 18, se muestran los requerimientos del sistema.

Tabla 18

### Requerimientos del sistema

Disminuir actividades del operador.

Elegir los sensores adecuados según equipos a utilizar.

Tener un tiempo de uso mínimo de 8 horas por turno.

Realizar un HMI amigable con el usuario.

En cuanto a los dispositivos deben tener una interfaz de comunicación sencilla entre sus elementos.

En el sistema propuesto se va a controlar lo siguiente:

1. Sistema hidráulico para alinear la palanquilla,
2. Sistema hidráulico para guía de la palanquilla,
3. Sistema hidráulico para elevar y descender la estructura que sostiene la máquina de oxicorte,
4. Control de avance de la máquina de oxicorte.

#### 4.1.1 PARÁMETROS

Para obtener los parámetros de control del sistema se debe tener en cuenta cada acción que realiza cada elemento para mejorarla, ya que cada operación que se ejecuta es necesaria para el proceso de automatización.

El sistema hidráulico para alinear las palanquillas, se compone de 2 cilindros hidráulicos los cuales se moverán simultáneamente sujetos a una perfil, al momento de accionarse van a igualar las palanquillas.

El sistema hidráulico guía de la palanquilla, se compone de 2 cilindros hidráulicos los cuales se moverán sujetos a un placa de 12 mm de espesor y va a servir de guía para que el montacargas coloque las palanquillas en la posición adecuada.

El sistema hidráulico para elevar y descender la estructura que sostiene la máquina de oxicorte, comprende 2 cilindros hidráulicos estos se movilizarán al mismo tiempo para subir y bajar la estructura de la máquina de oxicorte.

Para el control de movilización de avance de la máquina de oxicorte se colocará un sensor en donde se desea que esta se detenga y con un contactor se controlará el avance unidireccional de la máquina. En la tabla 19 se detallan los equipos que se van a controlar con el respectivo elemento de control.



Tabla 19  
Equipos requeridos a automatizar

Grupo de trabajo	Partes	Equipo	Elemento de control	Cantidad de Elemento de control	Entradas de control al PLC	Salidas de control del PLC
Sistema hidráulico para igualar la palanquilla	CH 1	Cilindro hidráulico 1, con electroválvula	Sensores	1	1	2
	CH 2	Cilindro hidráulico 2, con electroválvula	Sensores			
Sistema hidráulico para elevar y descender la estructura que sostiene la máquina de oxicorte,	CH 3	Cilindro hidráulico 3, con electroválvula	Sensores	2	2	4
	CH 4	Cilindro hidráulico 4, con electroválvula	Sensores			
Sistema hidráulico guía de palanquilla,	CH 5	Cilindro hidráulico 5, con electroválvula	Sensores	2	2	4
	CH 6	Cilindro hidráulico 6, con electroválvula	Sensores			
Sistema de oxicorte	MO 1	Máquina de oxicorte 1, con contactores	Sensores	2	2	1
	MO 2	Máquina de oxicorte 2, con contactores	Sensores	2	2	1
				<b>Total</b>	9	12

Una vez identificados los elementos de control necesarios para el funcionamiento del sistema se les debe asignar una nomenclatura para todo el proceso de control y así mismo designar la función que cumplen.

En la tabla 20 se muestra la identificación y la función de cada elemento de control.

Tabla 20  
Identificación y función de elementos de control

Partes	Nombre	Función
<b>CH.S1</b>	Sensor al final del Cilindro Hidráulico 1 (Distancia requerida)	Indica cuando el Cilindro Hidráulico 1 y 2 están extendidos.
<b>CH.S2</b>	Sensor al final del Cilindro Hidráulico 3	Indica cuando el Cilindro Hidráulico 3 y 4

Continua 

	(Distancia requerida)	están extendidos.
<b>CH.S3</b>	Sensor al final del Cilindro Hidráulico 5 (Distancia requerida)	Indica cuando el Cilindro Hidráulico 5 y 6 están extendidos.
<b>CH.S4</b>	Sensor al comienzo del Cilindro Hidráulico 3	Indica cuando el Cilindro Hidráulico 3 y 4 están retraídos.
<b>CH.S5</b>	Sensor al comienzo del Cilindro Hidráulico 5	Indica cuando el Cilindro Hidráulico 5 y 6 están retraídos.
<b>MO1.S1</b>	Sensor al inicio de la máquina de oxicorte 1	Indica cuando la máquina de oxicorte 1 está en posición de inicio del proceso de corte
<b>MO1.S2</b>	Sensor al final de la máquina de oxicorte 1	Indica cuando la máquina de oxicorte 1 ha terminado el proceso de corte
<b>MO2.S1</b>	Sensor al inicio de la máquina de oxicorte 2	Indica cuando la máquina de oxicorte 2 está en posición de inicio del proceso de corte
<b>MO2.S2</b>	Sensor al final de la máquina de oxicorte 2	Indica cuando la máquina de oxicorte 2 ha terminado el proceso de corte

## 4.2 SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA AUTOMATIZAR EL SISTEMA

### 4.2.1 SELECCIÓN DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

El controlador en el sistema será el encargado de realizar el posicionamiento de los sistemas hidráulicos además de controlar el accionamiento del cilindro hidráulico.

Tomando en cuenta las entradas y salidas anteriormente descritas del sistema propuesto, es necesario un PLC que contenga como mínimo 9 entradas y 12 salidas de control, por tal motivo se ha seleccionado el PLC de marca XINJE de la serie XC3-32RT-E, el cual tiene 18 puntos de entrada y 14 de salida, necesario para la programación y además se deja una holgura para posible aumento de entradas y salidas de control, su alimentación es de 220 AC. La figura 63 muestra una imagen del PLC Xinje XC3-32RT-E.

Este PLC además de ser recomendado por los proveedores de ANDEC, es compatible con el protocolo de comunicación del software Labview, por lo que no se necesita ningún modulo aparte para comunicar Labview con el PLC.



Figura 63 PLC Xinje XC3-32RT-E  
(XINJE XC PLC series HARDWARE MANUAL )

La tabla 21 muestra sus especificaciones técnicas.

Tabla 21

Especificaciones técnicas PLC Xinje XC3-32T-E

Modo de programa	Instrucciones y tabla de escalera
Velocidad	0.5us
Puntos	18 los puntos de entrada, 14 puntos de salida
Formato de salida	Del transistor
Suministro de energía	220v
Alta- velocidad de conteo de formato	Contador de alta velocidad, de salida de pulso, exterior de la interrupción
Protección de contraseña	6 caracteres ASCII

(XINJE XC PLC series HARDWARE MANUAL )

En el Anexo F se muestra las especificaciones completas del manual del PLC Xinje de serie XC3-32RT-E.

#### 4.2.2 SENSORES INDUCTIVOS

Los sensores inductivos son interruptores electrónicos que trabajan sin contacto; estos no solo proporcionan una señal ON/OFF (Detector), sino también una señal análoga proporcional a la distancia. Este sensor genera un campo magnético cambiante de alta frecuencia mediante una bobina, la cual forma parte de un circuito en resonancia. Si una pieza de metal entra en la zona del campo magnético cambiante, se generan pérdidas por corrientes circulares en la pieza, esto hace que el circuito en resonancia se altere (Carlos Canto).

La figura 64 muestra la cabeza del sensor con su núcleo de ferrita y la bobina insertada en el núcleo (Sensores Inductivos).

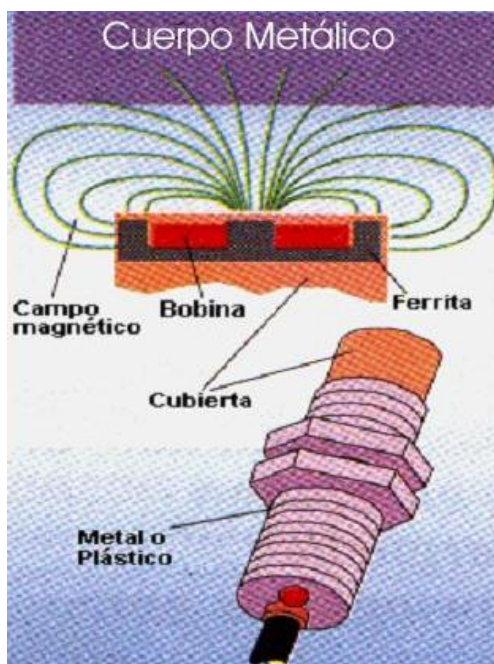


Figura 64 Sensor Inductivo  
(Carlos Canto).

Un sensor inductivo consta de tres partes principales:

- Oscilador
- Schmitt-Trigger
- Salida

La bobina forma junto con una capacitancia un oscilador, que genera según el sensor una frecuencia de resonancia entre 0.5 y 1.5 MHz.

Cuando un objeto metálico altera el flujo magnético generado por la bobina se presentan pérdidas que van a impedir que el circuito continúe resonando normalmente, considerándose este estado como criterio de activación. La distancia de activación se ajusta mediante la resistencia.

Las pérdidas también hacen que el voltaje se altere cuando se acerca el objeto de metal, esto hace que la amplitud de oscilación se más pequeña, este voltaje es la señal analógica que se emplea para determinar la distancia entre el sensor y el objeto. La figura 65 muestra con más detalle el esquema de un sensor inductivo.

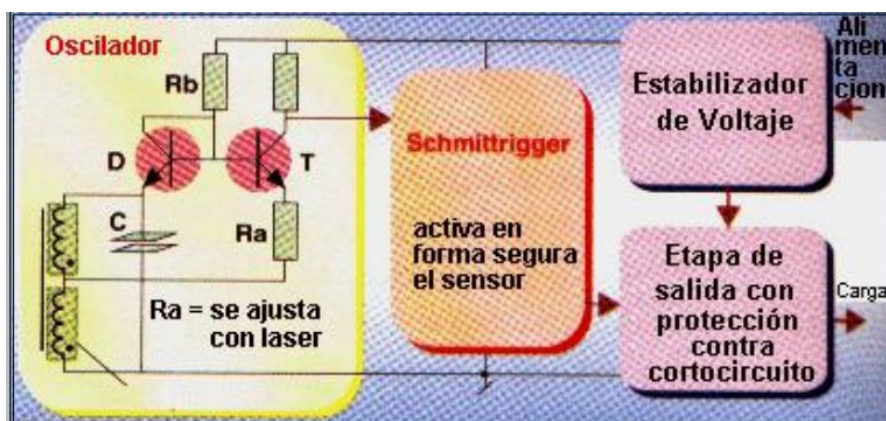


Figura 65 Esquema de funcionamiento de un sensor inductivo (Carlos Canto).

A continuación se procederá a escoger sensores para la respectiva automatización del sistema.

#### 4.2.2.1 Selección de sensores inductivos para el funcionamiento los cilindros hidráulicos

Para determinar la posición de los cilindros hidráulicos del SHG y SHMO es necesario colocar sensores inductivos en los mencionados cilindros de tal manera indicarán cuando se encuentren extendidos o retraídos, ya que es indispensable conocer su posición al momento de la programación.

Se han seleccionado los sensores de posición de cilindro 871D de marca Allen Bradley, ya que son ideales para detectar el inicio y fin de carrera de los cilindros hidráulicos. Cada sensor se monta en el cilindro hidráulico CH3 y CH5, de tal manera se obtendrá su posición para la programación, a continuación en la figura 66 se observa el sensor 871D (Allen Bradley, pág. 195).



Figura 66 Sensor inductivo para cilindros hidráulicos (Allen Bradley, pág. 195).

En la tabla 22 se observa las especificaciones técnicas del sensor.

Tabla 22

Especificaciones sensor inductivo para cilindros hidráulicos

Salidas	Normalmente abiertas
Máxima corriente de carga	<200mA
Corriente de fuga	<80mA
Voltaje de operación	10-30VDC
Vibración	55HZ, 1 mm amplitud
Temperatura de operación	-25°C a 70°C
Material de cubierta	Aluminio maquinado
Material de sonda	Acero inoxidable

Para más información del sensor las especificaciones completas se encuentran en el anexo G.

#### 4.2.2.2 Selección de sensores inductivos para controlar el fin de carrera del SHA, SHG y SHMO.

Teniendo en cuenta el proceso del sistema se necesitaran sensores inductivos para indicar la posición del SHA, SHG y SHMO, de tal manera para los sistemas hidráulicos serán necesarios tres sensores inductivos. Además se necesitan sensores inductivos para determinar el recorrido de las máquinas de oxicorte.

Se ha seleccionado sensores inductivos 871TM de la marca Allen Bradley, su cara de detección y cuerpo son de acero inoxidable con alta resistencia al impacto y a la abrasión, tienen resistencia a proyecciones de agua de 1200 psi para combatir el ingreso de contaminantes y fluidos, se utilizará su versión de detección estándar ferrosa, su detección es equitativa e intrínsecamente segura como indica el catálogo de la marca Allen Bradley también es resistente a la abrasión y al fuego, en la figura 67 se muestra una figura de los sensores inductivos 871 TM (Rockwell Automation – Allen Bradley).



Figura 67 Sensor inductivo para fines de carrera (Rockwell Automation – Allen Bradley).

A continuación en la tabla 23 muestra las especificaciones técnicas (Catalogo Inductive Proximity Sensors, pág. 25).

Tabla 23

Especificaciones sensor inductivo para fines de carrera

<b>Máxima corriente de carga</b>	$\leq 200$ mA
<b>Carga capacitiva</b>	$\leq 1$ uF
<b>Corriente de fuga</b>	<0,1 mA
<b>Voltaje de operación</b>	10-30VDC
<b>Vibración</b>	55HZ, 1 mm amplitud
<b>Temperatura de operación</b>	-25°C a 70°C
<b>Material</b>	Acero Inoxidable

Para más información del sensor las especificaciones completas se encuentran en el anexo H.

#### 4.2.3 SELECCIÓN DE UN CONTACTOR

Un contactor eléctrico funciona básicamente como un interruptor (dejamos o no pasar la corriente) con la capacidad de ser activado a distancia mediante un mecanismo electromagnético, así controlaremos el movimiento de las máquinas de oxicorte.

Los contactores están ubicados en el panel de control, se abren y cierran al oprimir los botones de la estación de control. Cuando un contactor eléctrico está cerrado el circuito se cierra y los instrumentos que están conectados a este se encienden (North American Industries, INC. ).

##### **Factores para la selección del Contactor:**

Cuando se va a elegir un Contactor hay que tener en cuenta, entre otros factores, lo siguiente (Enrique Vilches):

- Tensión de alimentación de la bobina: Esta puede ser continua o alterna, siendo esta última la más habitual, y con tensiones de 12 V, 24 V o 220 V.
- Número de veces que el circuito electromagnético va a abrir y cerrar. Podemos necesitar un Contactor que cierre una o dos veces al día, o quizás otro que esté continuamente abriendo y cerrando sus contactos. Hay que tener

en cuenta el arco eléctrico que se produce cada vez que esto ocurre y el consiguiente deterioro.

- Corriente que consume el motor de forma permanente (corriente de servicio).

Por lo tanto es conveniente el uso de catálogos de fabricantes en los que se indican las distintas características de los Contactores en función del modelo.

El contactor seleccionado es de marca DIRECT-ELECTRO y serie TC1D0910P7 se lo observa en la Figura 68. (DIRECT-ELECTRO)



Figura 68 Contactor (DIRECT-ELECTRO)

Para más información del sensor las especificaciones completas se encuentran en el anexo I.

## **4.2.4 PROGRAMA UTILIZADO PARA VISUALIZAR EL INTERFAZ MÁQUINA HUMANO (HMI)**

### **4.2.4.1 Software**

Se conoce como software al equipo lógico de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas, en contraste a los componentes físicos que son llamados hardware (Ing. Pablo Dávila Silva).

Los componentes lógicos incluyen, entre muchos otros, las aplicaciones informáticas; tales como el procesador de texto, que permite al usuario realizar todas las tareas concernientes a la edición de textos; el llamado software de sistema, tal como el sistema operativo, que básicamente permite al resto de los programas funcionar adecuadamente, facilitando también la interacción entre los componentes físicos y el resto de las aplicaciones, y proporcionando una interfaz con el usuario.



#### 4.2.4.2 Lenguaje de programación

Un lenguaje de programación es un lenguaje formal diseñado para expresar procesos que pueden ser llevados a cabo por máquinas como las computadoras (WIKIPEDIA).

Pueden usarse para:

- Crear programas que controlen el comportamiento físico y lógico de una máquina,
- Expresar algoritmos con precisión,
- Como modo de comunicación humana.

Está formado por un conjunto de símbolos y reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos y expresiones. Al proceso por el cual se escribe, se prueba, se depura, se compila y se mantiene el código fuente de un programa informático se le llama programación.

También la programación se la define como el proceso de creación de un programa de computadora, mediante la aplicación de procedimientos lógicos, a través de los siguientes pasos:

- El desarrollo lógico del programa para resolver un problema en particular.
- Escritura de la lógica del programa empleando un lenguaje de programación específico (codificación del programa).
- Ensamblaje o compilación del programa hasta convertirlo en lenguaje de máquina.
- Prueba y depuración del programa.
- Desarrollo de la documentación.

#### 4.2.4.3 LABVIEW

Es un lenguaje de programación de alto nivel, de tipo gráfico, y enfocado al uso en instrumentación. Cuenta con todas las estructuras, puede ser usado para elaborar cualquier algoritmo que se desee, en cualquier aplicación, como en análisis, telemática, juegos, manejo de textos, etc. (Prototipo de supervisión, control, monitoreo y adquisición de datos, para sistemas electrónicos autómatas., pág. 23)

Cada programa realizado en LabView será llamado Instrumento Virtual (VI), el cual como cualquier otro ocupa espacio en la memoria del computador.

Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación pueden hacer programas relativamente complejos, imposibles para ellos de hacer con lenguajes tradicionales. También es muy rápido hacer programas con Labview, cualquier programador por experimentado que sea, puede beneficiarse de él, pueden crearse programas de miles de VI (equivalente a millones de páginas de código texto) para aplicaciones complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas/salidas, proyectos para combinar nuevos VI con VI ya creados, etc.

Incluso existen buenas prácticas de programación para optimizar el rendimiento y la calidad de la programación. El VI estándar son VI modulares y personalizables mediante cableado y funciones que son elementos fundamentales de operación de LabView.

Presenta facilidades para el manejo de:

- Interfaces de comunicaciones:
- Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones:
- Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales.
- Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.
- Adquisición y tratamiento de imágenes.
- Control de movimiento (combinado incluso con todo lo anterior).
- Tiempo Real estrictamente hablando.
- Programación para control o validación.
- Sincronización entre dispositivos.

En el programa Labview se realizará el interfaz humano-máquina (HMI).

LabView es un sistema de programación de propósito general, pero también incluye librerías de funciones y herramientas de desarrollo diseñadas específicamente para adquisición de datos y control de instrumentos (véase figura 69).

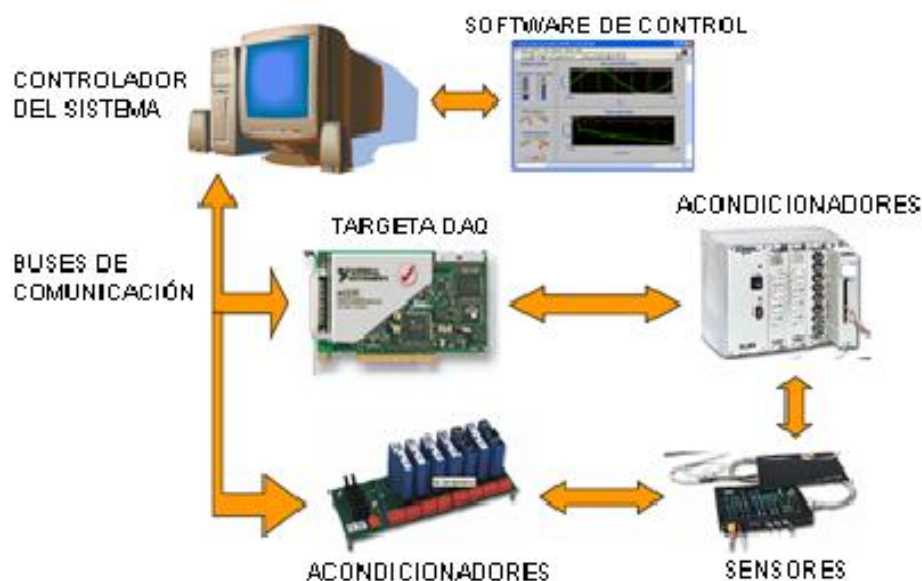


Figura 69 Funcionamiento de Labview

(Inga Ortega – Juan Ortega)

Las partes principales son el panel frontal donde se visualiza el HMI y el diagrama de bloques aquí es donde se realiza la programación.

### **Panel frontal**

Aquí se diseña la interfaz gráfica del VI con el usuario. En esta pantalla se encontrarán los elementos que el usuario vaya a utilizar interfaz, pues recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa. Un panel frontal (véase figura 70) está formado por una serie de botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc. cada uno de ellos puede estar definido como un control o un indicador.

Cada control, que sirven para introducir parámetros al VI, poseen una representación en el panel de código, igualmente los indicadores necesarios para entregar la información procesada al usuario tienen un icono que los identifica en el panel de código o de programación. Los controles pueden ser booleanos, numéricos, strings, un arreglo matricial de estos o una combinación de los anteriores; y los indicadores pueden ser como para el caso de controles pero pudiéndolos visualizar como tablas, gráficos en 2D o 3D, browser, entre otros.

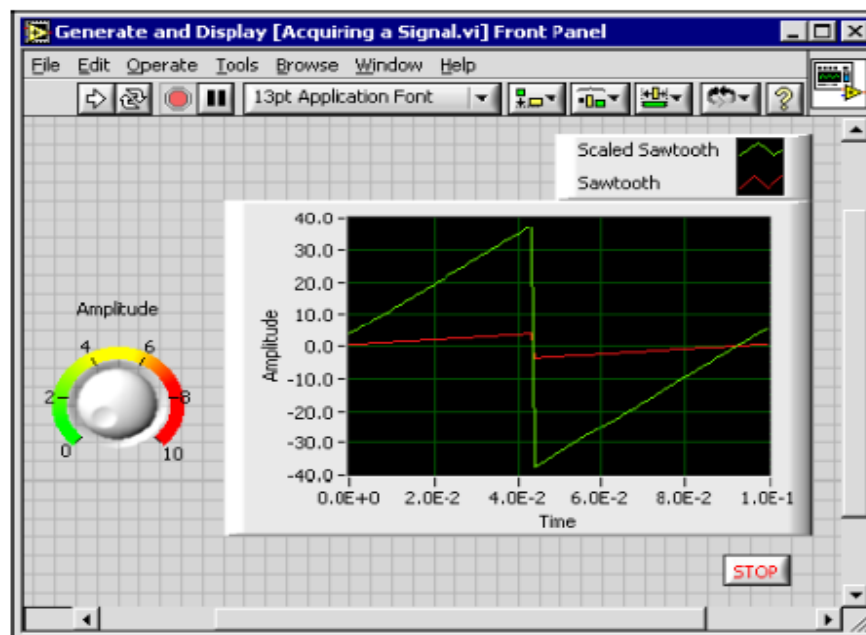


Figura 70 Panel Frontal (Inga Ortega – Juan Ortega)

### Diagrama de bloques

En el panel de programación se relacionan los elementos utilizados en el panel frontal mediante operaciones que determinan en sí cómo funciona el programa, es la parte donde se realizan las especificaciones funcionales. El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI.

El diagrama de bloques (véase figura 71) incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora LabVIEW.

El diagrama de bloques se construye conectando los distintos objetos entre sí, como si de un circuito se tratara. Los cables unen terminales de entrada y salida con los objetos correspondientes, y por ellos fluyen los datos.

LabVIEW posee una extensa biblioteca de funciones, entre ellas, aritméticas, comparaciones, conversiones, funciones de entrada/salida, de análisis, etc.

Las estructuras, similares a las declaraciones causales y a los bucles en lenguajes convencionales, ejecutan el código que contienen de forma condicional o repetitiva (bucle for, while, case, etc.).

Los cables son las trayectorias que siguen los datos desde su origen hasta su destino, ya sea una función, una estructura, un terminal, etc. Cada cable tiene un color o un estilo diferente, lo que diferencia unos tipos de datos de otros.

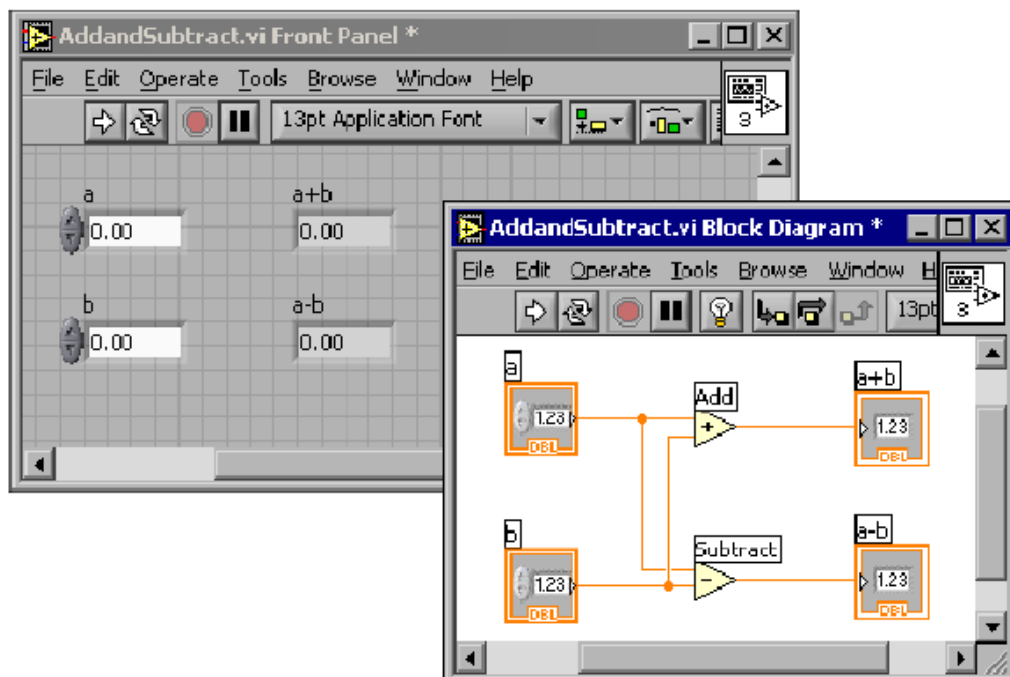


Figura 71 Diagrama de bloque (Inga Ortega – Juan Ortega, pág. 23)

Observando las características de LABVIEW se lo eligió para realizar el HMI.

## 4.3 ESQUEMA DEL PROCESO

### 4.3.1 ESQUEMA GENERAL

A continuación en la figura 72 se muestra el esquema hidráulico realizado en el programa FESTO FluidSIM, en el cual se indica la posición inicial de los cilindros hidráulicos además de los elementos utilizados para la automatización.

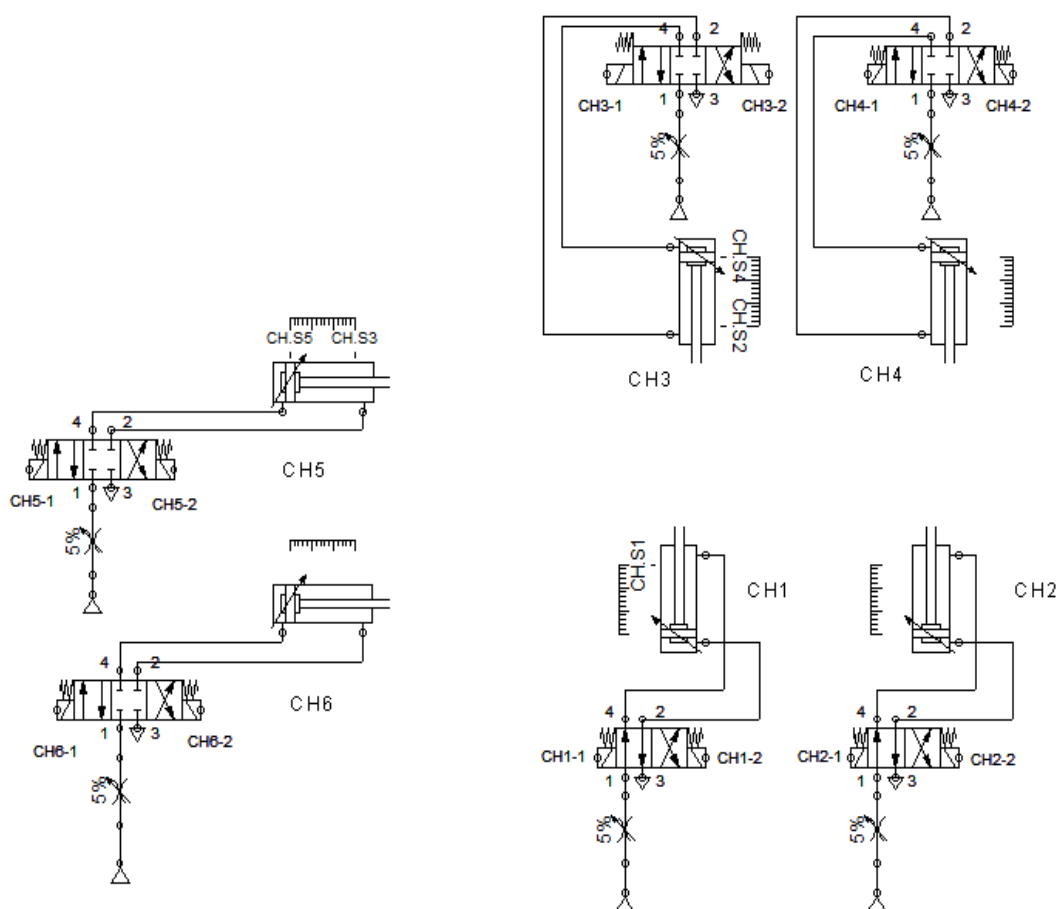


Figura 72 Esquema Hidráulico (FLUIDSIM)

#### 4.3.2 SIMULACIÓN DEL PROCESO

La simulación del sistema propuesto se realizó en el programa FESTO FluidSIM, aquí se indicara los pasos que siguen los sistemas hidráulicos (SHG, SHMO y SHA), para realizar el alineamiento de la palanquilla y comenzar con el procedimiento de oxicorte.

Además se indica que el control de las máquinas de oxicorte (ON/OFF) estará considerado en la programación del PLC controlada cada una por un contactor, de tal manera en la siguiente simulación solo se mostrará como focos indicadores.

En la figura 73 se observa el primer paso a seguir con el proceso del sistema que se aplica al presionar el PULSADOR 1, el cual es extender el SHG.

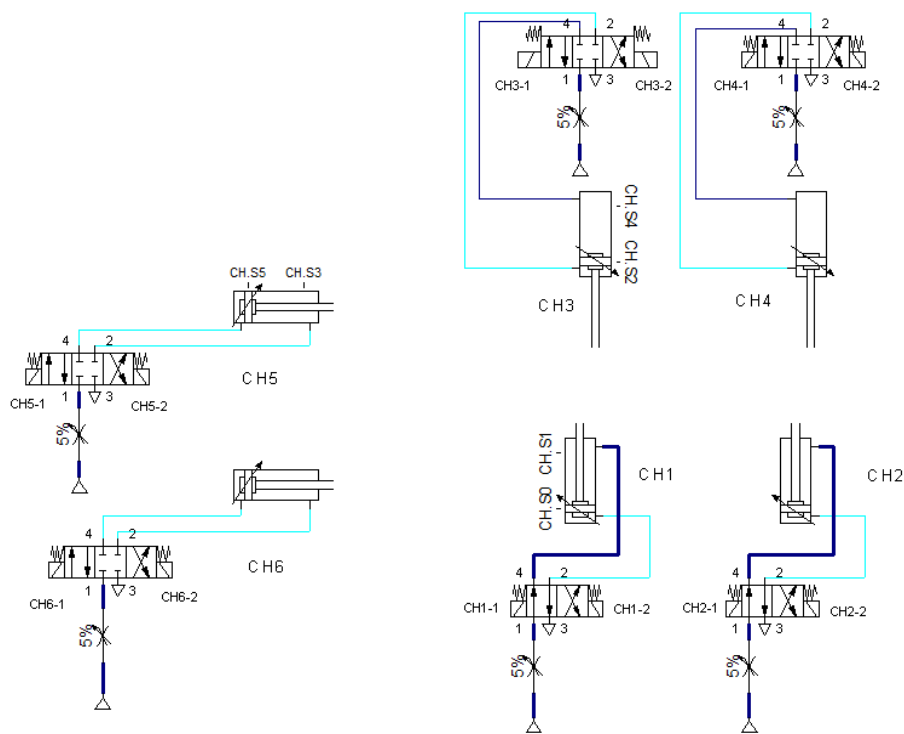


Figura 73 Sistema al presionar PULSADOR 1 (FLUIDSIM)

En la figura 74 se observa el siguiente paso a seguir con el proceso del sistema que se aplica al presionar el PULSADOR 2, el cual es extender el SHMO, para que las palanquillas sean colocadas en la cama de vigas por parte del montacargas.

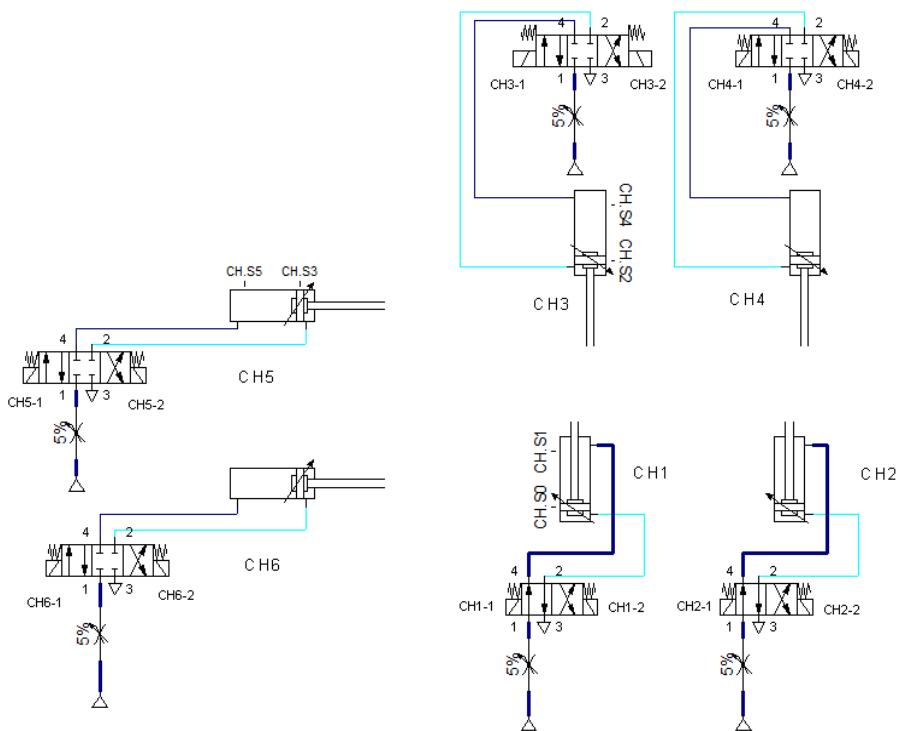


Figura 74 Sistema al presionar PULSADOR 2 (FLUIDSIM)

En la figura 75 se observa que tras presionar el PULSADOR 3, el SHG se retrae, para que las palanquillas puedan ser alineadas con ayuda del SHA según diseño.

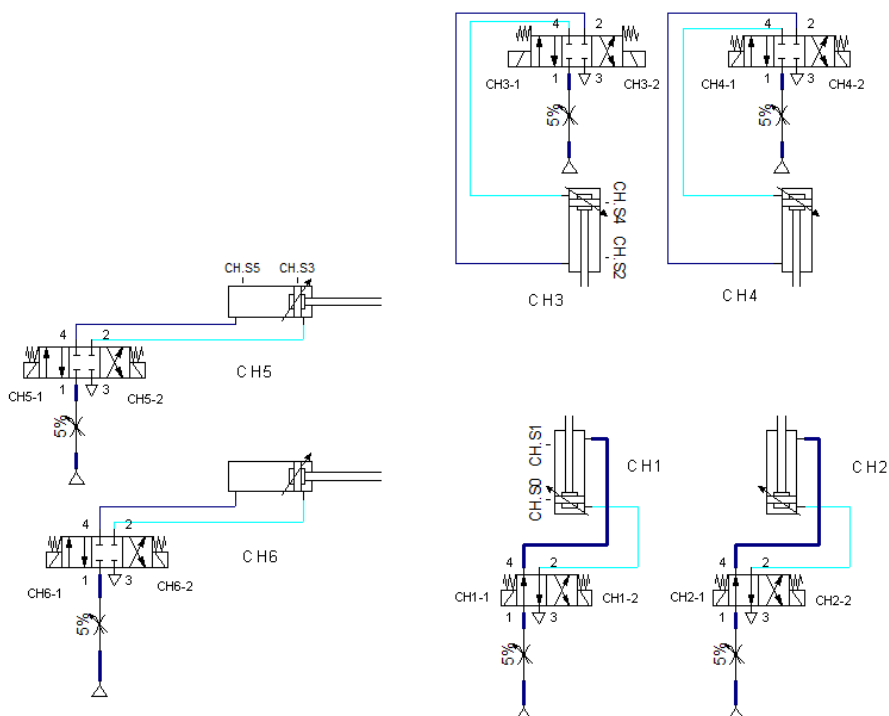


Figura 75 Sistema al presionar PULSADOR 3 (FLUIDSIM)

En la figura 76 se observa que después de presionar el PULSADOR 4, el SHA se extiende y se retrae al momento de alcanzar el sensor inductivo que se encuentra en la posición según diseño, para que las palanquillas sean alineadas en la cama de vigas.



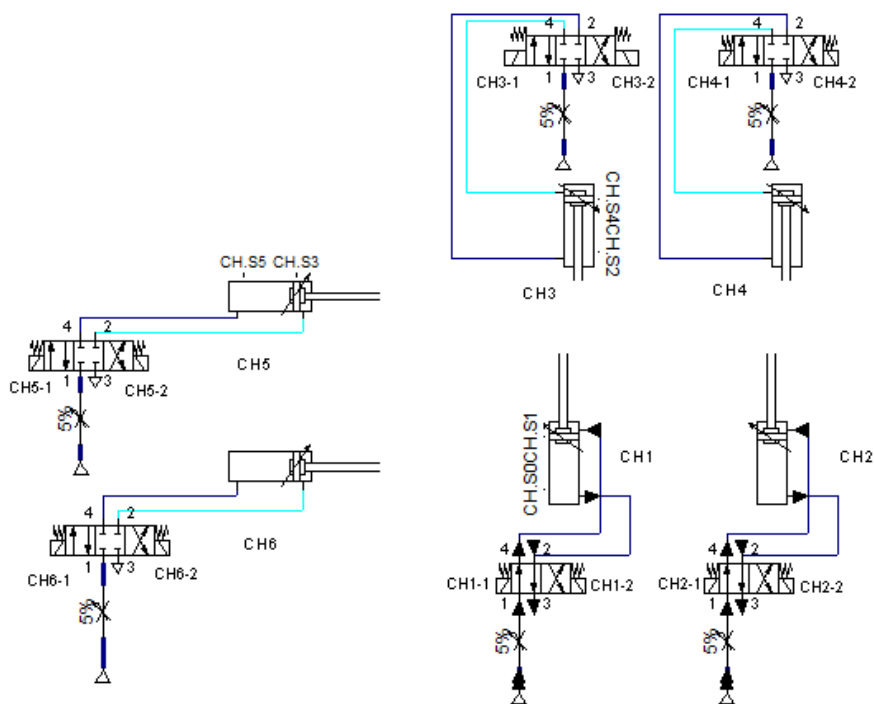


Figura 76 Sistema al presionar PULSADOR 4 (FLUIDSIM)

En la figura 77 se observa que tras presionar el PULSADOR 5, el SHMO se retrae, bajando la estructura soporte de las máquinas de oxicorte para que inicie el proceso de oxicorte.

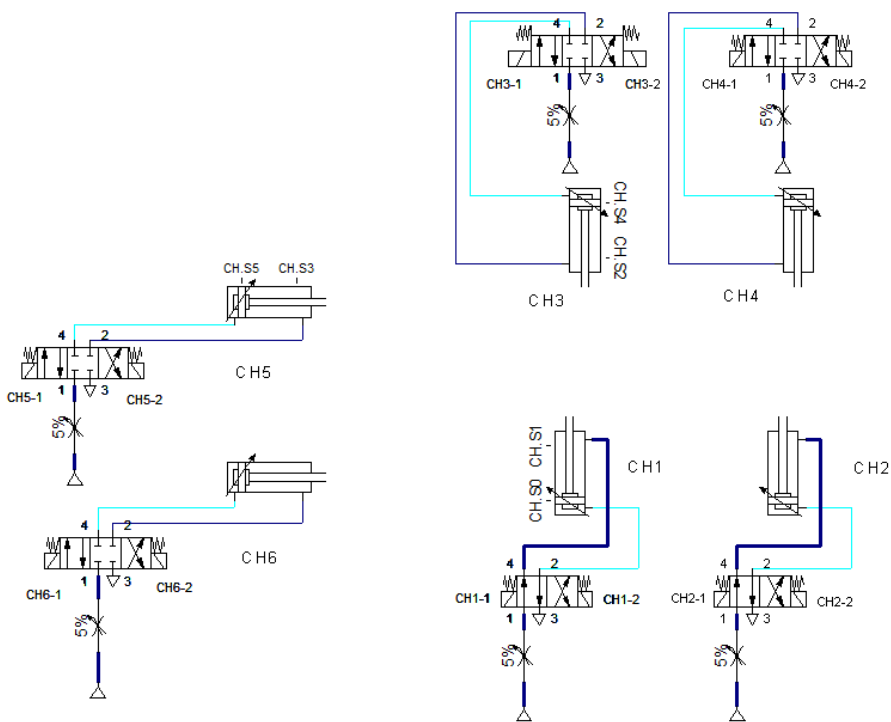


Figura 77 Sistema al presionar PULSADOR 5 (FLUIDSIM)

En la figura 78 se identifica que tras presionar el PULSADOR MO1 y MO2, se puede controlar el ON/OFF de las máquinas de oxicorte, es de indicar que las máquinas de oxicorte solo pueden ser contraladas después de presionar el PULSADOR 5, no antes ni tampoco después por cuestiones de seguridad al momento de manejar las máquinas de oxicorte.

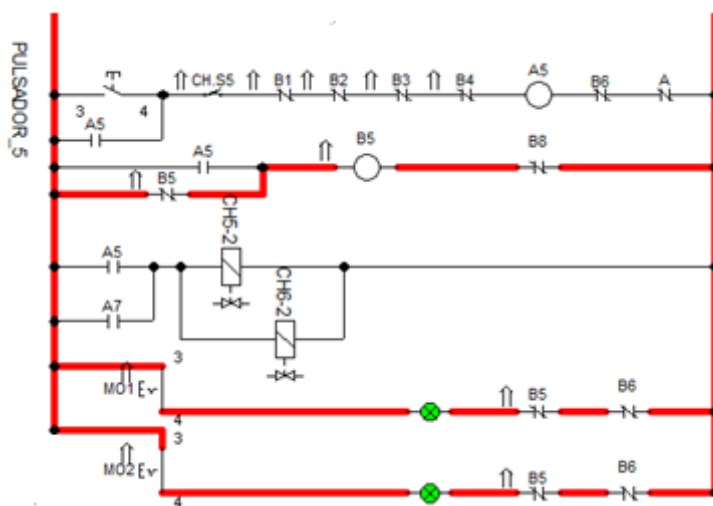


Figura 78 Sistema al presionar PULSADOR MO1 y MO2 (FLUIDSIM)

En la figura 79 se muestra que tras presionar el PULSADOR 6, el SHMO se extiende, para que las palanquillas ya cortadas puedan ser retiradas por los montacargas de la empresa.

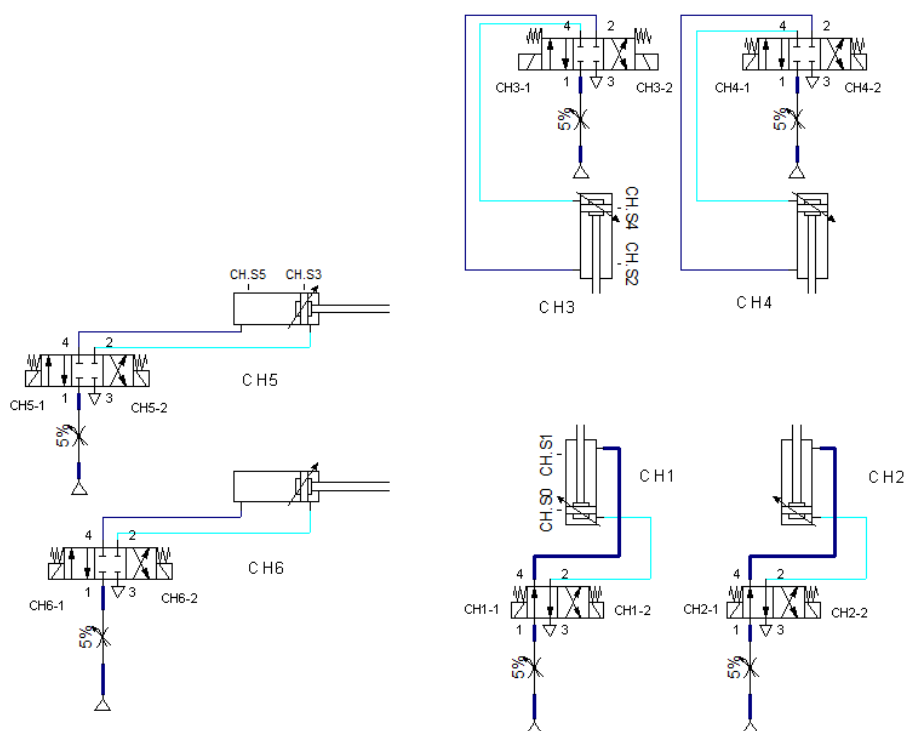


Figura 79 Sistema al presionar PULSADOR 6 (FLUIDSIM)

En la figura 80 se observa que tras presionar el PULSADOR 7, el sistema se reinicia para comenzar con un nuevo proceso de corte, indicando el final de un proceso, además al finalizar cada proceso se registra en un contador, este contador es observado en el interfaz máquina humano (HMI).

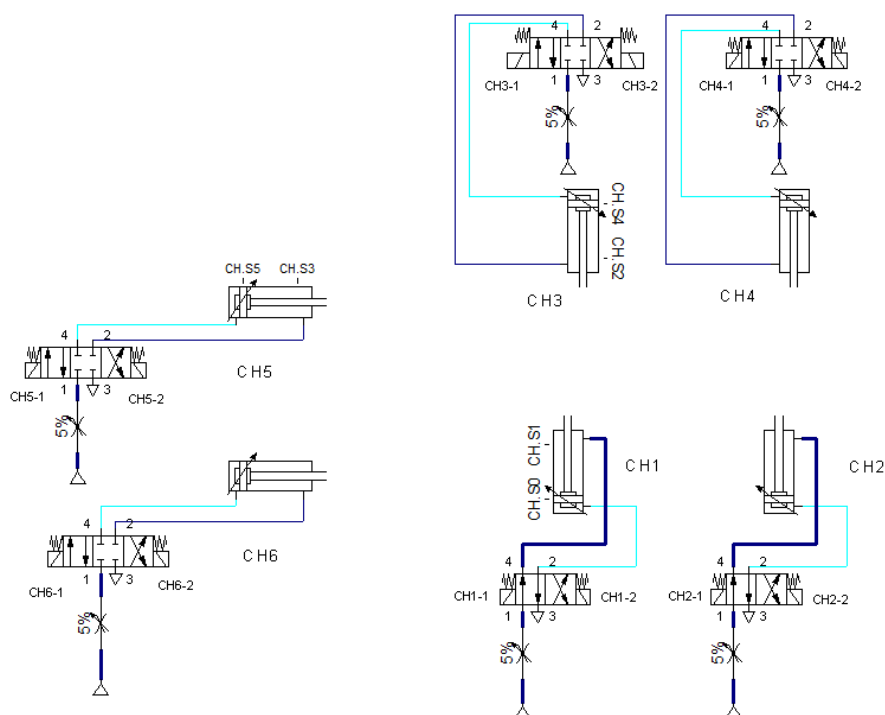


Figura 80 Sistema al presionar PULSADOR 7 (FLUIDSIM)

## 4.4 PROGRAMACIÓN

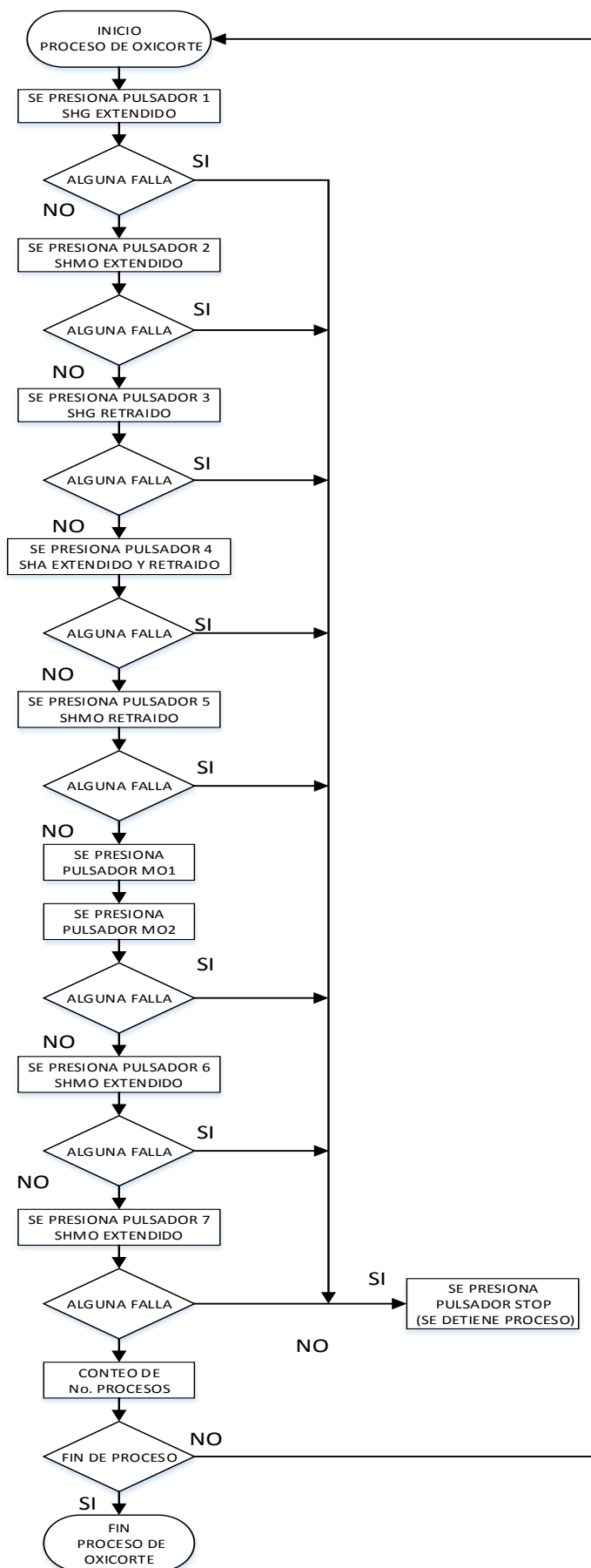
### 4.4.1 PRUEBA DE ESCRITORIO

La prueba de escritorio es una herramienta útil para entender que hace un determinado algoritmo o programa ya que esta es una ejecución a mano de nuestro algoritmo llevando el registro de los valores que cada variable tendrán.

Los diagramas de flujo son una representación gráfica para crear algoritmos empleando figuras.

### Diagrama de Flujo

Un diagrama de flujo es una de las técnicas de representación de algoritmos más antigua y a la vez más utilizada, se utilizan cajas unidas por flechas, denominadas líneas de flujo, que indican la secuencia en que se deben ejecutar.



#### 4.4.2 DIAGRAMA DE ESCALERA

Los diagramas de escalera son programas muy utilizados para programar PLC o equipos electrónicos programables.

Este lenguaje permite representar gráficamente el circuito de control de un proceso, con ayuda de símbolos de contactos normalmente cerrados y normalmente abiertos, relés, temporizadores, contadores, registros de desplazamiento, etc.

Una vez obtenido el diagrama de flujo el cual indica el proceso del sistema, se realiza el diagrama de escaleras, en el programa FESTO FluidSIM (Véase figura 81).

Una característica importante de FluidSIM es la fácil elaboración de un esquema y la simulación de un dispositivo práctico.

La función CAD de FluidSIM está especialmente ideada para el campo de la técnica de fluidos. Puede comprobar mientras se diseña, si ciertas conexiones entre componentes son realmente posibles.

En el desarrollo del programa se ha dado especial importancia al empleo intuitivo y de ágil aprendizaje de FluidSIM. Esta concepción ofrece la posibilidad de, tras un breve período de toma de contacto, diseñar y simular circuitos de fluidos. (FESTO FLUIDSIM: Manual de Usuario, pág. 8)

Es de indicar que el diagrama en escalera es compatible con el programador del PLC XINJE escogido para controlar nuestro proceso.

Para el inicio del programa debe haber el interruptor para energizar el sistema para comenzar a realizar el proceso de oxicorte, el mismo también quita la energía del sistema.

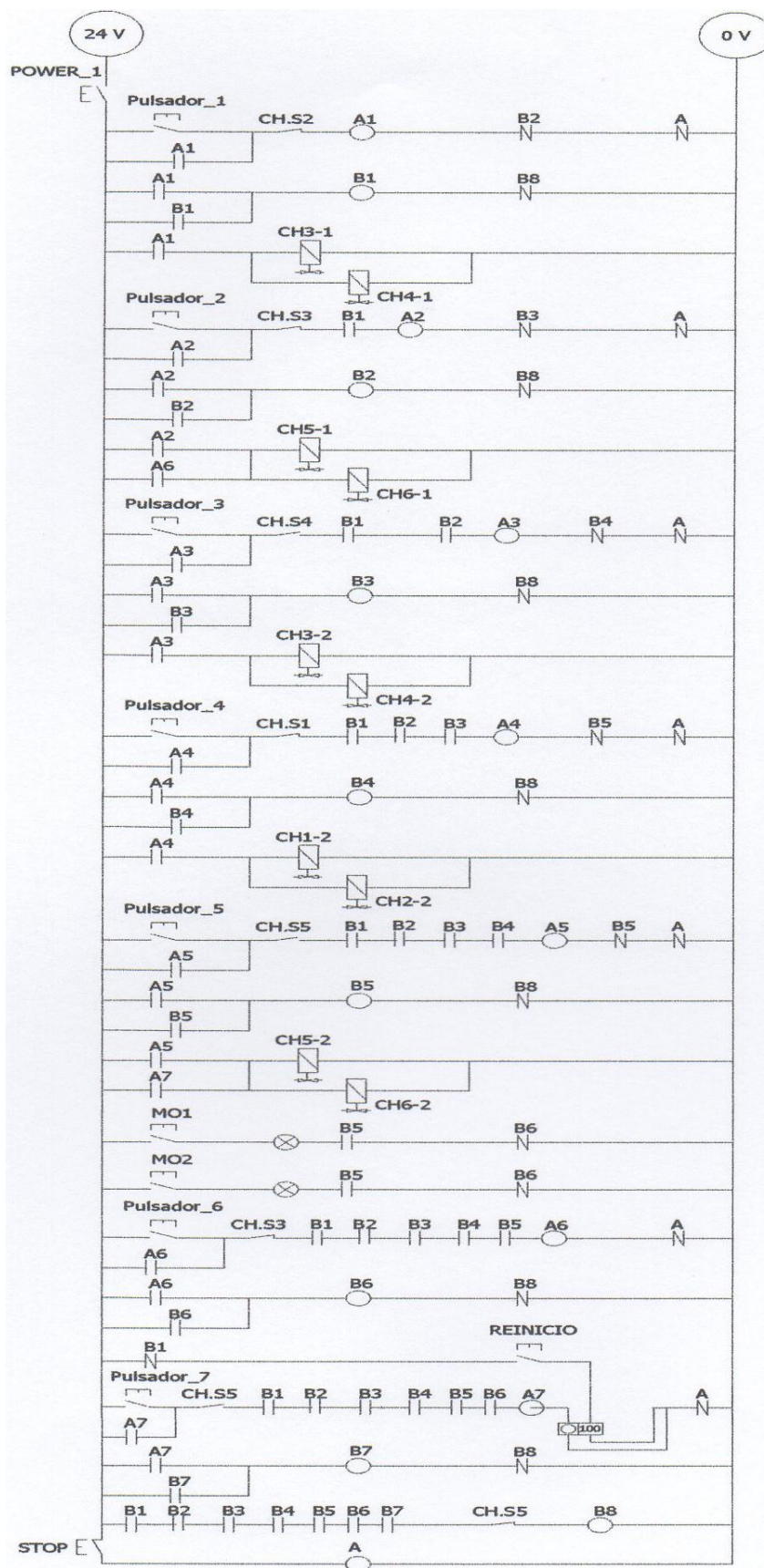


Figura 81 Diagrama de escalera (FLUIDSIM)

A continuación se indican la actividad que realiza cada pulsador:

- PULSADOR\_1: Extiende los cilindros del SHG,
- PULSADOR\_2: Extiende los cilindros del SHMO, para que comience a colocar la palanquilla importada sobre la cama de vigas,
- PULSADOR\_3: Retrae cilindros del SHG,
- PULSADOR\_4: Extiende y retrae los cilindros del SHA, para alinear las palanquillas importadas
- PULSADOR\_5: Retrae los cilindros del SHMO, para empezar el proceso de corte,
- MO1: Controla el ON/OFF de la máquina de oxicorte No.1,
- MO2: Controla el ON/OFF de la máquina de oxicorte No.2,
- PULSADOR\_6: Extiende los cilindros del SHMO, para retirar palanquilla cortada,
- PULSADOR\_7: Retrae los cilindros del SHMO, indicando que termina el proceso de corte.
- STOP: Se detiene el sistema.

Es de indicar que el proceso de corte de la palanquilla es en secuencia, desde el primer pulsador hasta el último, por tal motivo un pulsador no funcionará si el pulsador anterior no se oprime.

#### **4.4.2.1 Diagrama de estado**

El diagrama de estado, muestra el movimiento de los cilindros hidráulicos al realizar su carrera. En la figura 82 se muestra nuestro proceso.



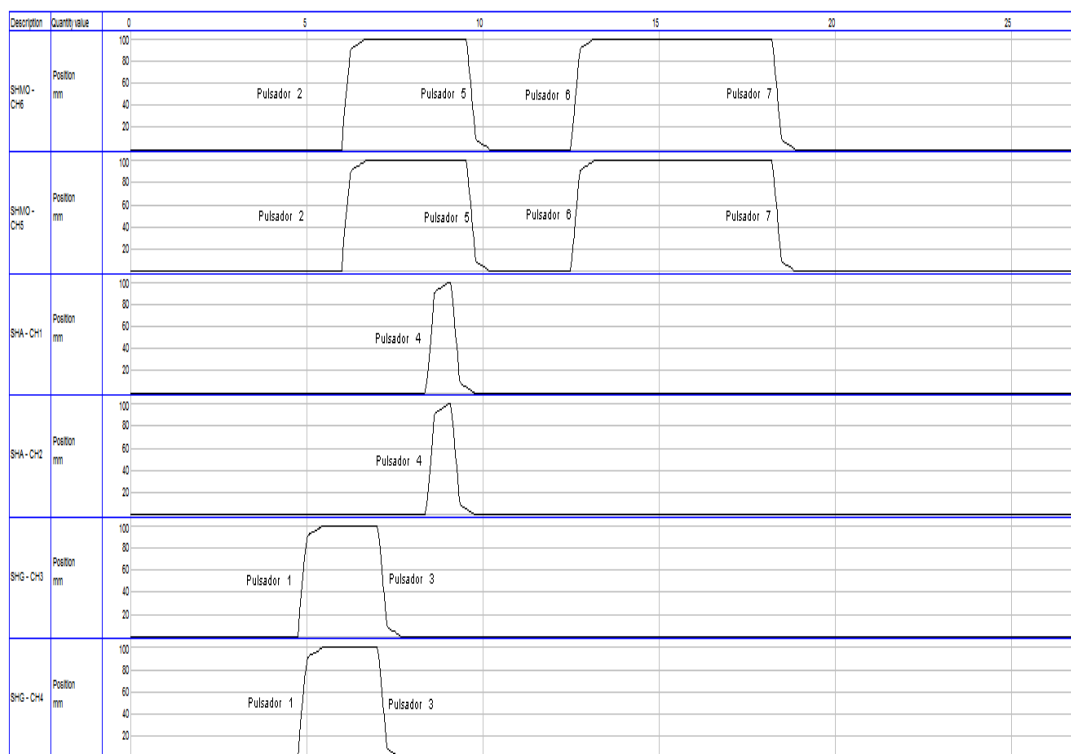


Figura 82 Diagrama de estado (FLUIDSIM)

#### 4.4.3 PROGRAMACIÓN DEL PLC

Una vez que se ha realizado el diagrama de escaleras el siguiente paso es llevarlo al programa que controla al PLC. El XC Series Program Tool, es el software en el cual se realiza la programación de los PLC XINJE.

Para llevar a cabo su programación debemos tener en cuenta las siguientes variables a utilizar:

X, se refiere a las señales de entradas al PLC

Y, se refiere a las señales de salidas del PLC

M, se refiere a las memorias que se utilizan dentro del PLC

C, se refiere al contador que se va a utilizar dentro del PLC

##### 4.4.3.1 Nominación de las variables utilizadas en el proceso de programación del PLC

En la tabla 24 se muestran las variables utilizadas en el diagrama de escaleras realizado en FluidSIM y su respectiva equivalencia en el programa XC Series Program Tool.

Tabla 24

## Nominación de variables en XC Series Program Tool

Entradas		Salidas		Memoria		Contador	
PLC	Diagrama de escalera	PLC	Diagrama de escalera	PLC	Diagrama de escalera	PLC	Diagrama de escalera
X0	Power	Y0	CH1-2	M1	B1	C7	Counter
X1	CH.S 1	Y1	CH2-2	M2	B2		
X2	CH.S 2	Y2	CH3-1	M3	B3		
X3	CH.S 3	Y3	CH4-1	M4	B4		
X4	CH.S 4	Y4	CH3-2	M5	B5		
X5	CH.S 5	Y5	CH4-2	M6	B6		
X6	Pulsador MO1	Y6	CH5-1	M7	B7		
X7	Pulsador MO2	Y7	CH6-1	M8	B8		
X10	Reinicio contador	Y10	CH5-2	M20	A		
X11	Pulsador 1	Y11	CH6-2	M21	A1		
X12	Pulsador 2	Y12	MO1	M22	A2		
X13	Pulsador 3	Y13	MO2	M23	A3		
X14	Pulsador 4			M24	A4		
X15	Pulsador 5			M25	A5		
X16	Pulsador 6			M26	A6		
X17	Pulsador 7			M27	A7		
X20	STOP						

Una vez obtenidas las variables que se van a utilizar, se procede a realizar la programación del PLC.

Es de indicar que por motivos del programa no se puede realizar una captura de pantalla de la programación en XC Series Program Tool, por tal razón su impresión se adjunta en el ANEXO J.

#### 4.4.4 INTERFAZ MÁQUINA HUMANO (HMI) DEL PROGRAMA

Una vez realizado la selección del programa, a continuación se muestra el HMI que servirá para nuestro proceso (véase en la figura 83).

En este HMI se muestra los mismos pulsadores e interruptores que se utilizan en la programación de escaleras.



Figura 83 HMI en Labview

Este es la presentación del HMI que interactuara con el usuario (operario del sistema de corte), el cual fue realizado en Labview como se muestra en la figura 83.

Se recomienda que el mismo HDI sea realizado en una botonera que se encuentre en la intemperie, la cual constaría de los mismos botones de igual manera debe estar cerca del sistema.

## CAPITULO 5

### ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

#### 5.1 ANÁLISIS FINANCIERO

El análisis financiero es el estudio que se hace de la información contable, mediante indicadores y razones financieras.

La contabilidad representa y refleja la realidad económica y financiera de la empresa, de modo que es necesario interpretar y analizar esa información para poder entender a profundidad el origen y comportamiento de los recursos de la empresa para realizar o no el proyecto propuesto.

De poco sirve un proyecto si no la interpretamos, si no la comprendemos, y allí es donde surge la necesidad del análisis financiero.

Cada componente de un estado financiero tiene un significado y en efecto dentro de la estructura contable y financiera de la empresa, efecto que se debe identificar y cuantificar.

Existe un gran número de indicadores y razones financieras que permiten realizar un completo y exhaustivo análisis a un proyecto antes de ser implementado a una empresa.

Muchos de estos indicadores no son de mayor utilidad aplicados de forma individual o aislada, por lo que es preciso recurrir a varios de ellos con el fin de hacer un estudio completo que cubra todos los aspectos y elementos para sustentar la viabilidad de un proyecto en una empresa.

El análisis financiero es imprescindible para que la contabilidad cumpla con el objetivo más importante para la que fue ideada, servir de base para la toma de decisiones.

La última etapa del análisis de la viabilidad de un proyecto, es el estudio financiero.

Los objetivos de esta etapa son ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionaron las etapas anteriores, elaborar los cuadros analíticos y antecedentes adicionales para la evaluación del proyecto, evaluar los antecedentes para determinar su rentabilidad. (YULIESKY Cristo Devora, 2013)

Con la finalidad de mostrar el estudio presente se tomará a consideración únicamente el ahorro del sistema propuesto, esto debido a que en relación a la producción y a los activos totales de la empresa, esta inversión se la considera mínima.

Para conocimiento ANDEC S.A., es una empresa de constitución mixta y por tanto se considera como empresa pública.

## 5.2 PRESUPUESTO UTILIZADO

Para el desarrollo del siguiente punto se llegara a obtener el presupuesto total, para esto se debe realizar el presupuesto para la adquisición de los materiales, los diferentes montajes (mecánico y eléctrico) y también de la obra civil, los cuales influyen en la implementación del sistema para corte regulable en las palanquillas importadas de la empresa aceros nacionales del ecuador ANDEC S.A ubicada en Guayaquil-Guayas.

En la tabla 25 se presenta el presupuesto de los materiales

Tabla 25

### Presupuesto de materiales

Ítem	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
1	Plancha de acero estructural A36 1220x2440x12	\$ 266,39	1	\$ 266,39
2	Plancha de acero estructural A36 1220x2440x10	\$ 222,00	3	\$ 666,00
3	Plancha de acero estructural A36 1500x3000x6	\$ 201,35	1	\$ 201,35
4	Plancha de acero estructural A36 1000x3000x6	\$ 163,77	1	\$ 163,77
5	Plancha de acero estructural A36 1220x6000x12	\$ 655,07	1	\$ 655,07
6	Plancha de acero estructural A36 1500x6000x10	\$ 671,18	1	\$ 671,18
7	Plancha de acero estructural A36 1220x2500x50	\$ 1.168,40	1	\$ 1.168,40
8	Viga IPE 500x6000	\$ 662,50	8	\$ 5.300,00
9	Viga IPB 140x6000	\$ 77,40	3	\$ 232,20
10	Viga IPB 240x6000	\$ 184,20	1	\$ 184,20
11	Viga IPB 300x6000	\$ 255,30	1	\$ 255,30
12	Perfil Cuadrado 140X6000	\$ 121,65	1	\$ 121,65
13	Perfil Cuadrado 60X6000	\$ 22,40	4	\$ 89,60
14	Riel Burbach A-100 x 6000	\$ 676,73	6	\$ 4.060,35
15	Pernos hexagonal 3/4 x 3,25"- grado 2	\$ 0,82	104	\$ 85,28
16	Riel Burbach A-45 x 6000	\$ 201,29	1	\$ 201,29
17	Cilindro hidráulico capacidad 50 Ton mínimo y longitud de carrera 800 mm mínima (catálogo ENERPAC serie RR-20048)	\$ 8.600,00	2	\$ 17.200,00

Continua 

18	Cilindro hidráulico capacidad 1 ton mínimo y longitud de carrera 350 mm mínima (catálogo ENERPAC serie RC-1014)	\$ 754,35	2	\$ 1.508,70
19	Cilindro hidráulico capacidad 2 ton mínimo y longitud de carrera 1200 mm mínima (catálogo ENERPAC serie RR-15032)	\$ 16.447,06	2	\$ 32.894,12
20	Manguera de conexión para aceite entre cilindro hidráulicos y banco hidráulico (catálogo ENERPAC manguera 3/8" NPTF -HC-7220 cada manguera es de 6 metros)	\$ 394,17	12	\$ 4.730,04
21	Acoplamientos hidráulicos (catálogo ENERPAC Enchufe Spee-D-Coupler modelo A-604)	\$ 56,56	18	\$ 1.018,08
22	Cable de acero galvanizado de Clase 6x19 de 5/16"	\$ 1,67 (c/m)	15 m	\$ 25,17
23	Tubo de acero A36 ø 141x6000	\$ 250,00	2	\$ 500,00
24	Eje acero estructural A36 ø 50x195	\$ 4,50	2	\$ 9,00
25	Eje acero estructural A36 ø 50x250	\$ 7,50	2	\$ 15,00
26	Eje acero estructural A36 ø 25x100	\$ 1,20	3	\$ 3,60
27	Eje acero estructural A36 ø 30x150	\$ 1,35	2	\$ 2,70
28	Ruedas para grúas ø 250, para riel A 45, capacidad de carga 80.000 N (catálogo Miguel Abad – MA1)	\$ 800,00	2	\$ 1.600,00
29	Rueda de acero ø 125 con placa de sujeción fija y capacidad de carga 5.800 N (catálogo HERVIEU serie -HF6BA125-11 L R B)	\$ 50,00	3	\$ 150,00
30	Plancha de acero 304 2b 6000x1000x200	\$ 3.000,00	1	\$ 3.000,00
31	Máquina de Oxícorte GULCO KAT II	\$ 13.000,00	2	\$ 26.000,00
32	Manguera para el proceso de oxícorte (Oxiacetilénico)	\$ 2,20	24 m	\$ 52,80
33	Banco hidráulico para funcionamiento de los 6 cilindros hidráulicos (P trabajo 150 bar, caudal trabajo 3.6 lt/min )	\$ 15.000,00	1	\$ 15.000,00
34	Electroválvula hidráulica 4/3 - 3/8" NPTF (catálogo ENERPAC modelo VE43)	\$ 1.895,11	4	\$ 7.580,44
35	Electroválvula hidráulica 4/2 - 3/8" NPTF	\$ 1.895,11	2	\$ 3.790,22
36	Colectores de 7 tomas hembras 3/8" NPTF (catálogo ENERPAC modelo A64)	\$ 124,85	1	\$ 124,85
37	Aceite hidráulico (catálogo ENERPAC modelo HF-95Y)	\$ 20,00 / lt	20 lt	400,00
38	Válvula reguladora de presión entre 50 a 200 Bar, y para caudal de 3,6 lt/min (catálogo ENERPAC modelo V-152)	\$ 460,00	1	\$ 460,00
39	PLC XINJE XC3-32RT-E	\$ 223,46	1	\$ 223,46
41	Sensores inductivos para controlar la carrera de los cilindros hidráulicos (Allan Bradley serie 871D)	\$ 395,25	2	\$ 790,50
42	Sensores inductivos de proximidad para fines de carrera (Allan Bradley serie 871TM)	\$ 229,61	3	\$ 688,84
43	Contactador 9A AC3, 4kW, 1NA, 230V	\$ 17,50	2	\$ 35,00
44	Pernos de Anclaje HILTI KB3 ¾" x 7"	\$ 14,54	232	\$ 3.373,28
<b>SUBTOTAL</b>				\$ 135.653,00
<b>IVA (12%)</b>				\$ 16.278,36
<b>TOTAL</b>				\$ 151.931,36

Para realizar el montaje de la obra mecánica se toma en cuenta el peso de las maquinas que se van a montar a un valor de \$ 1,75 cada kilogramo, más un 10% de imprevisto, en la tabla 26 se presenta el presupuesto del montaje mecánico.

Tabla 26

## Presupuesto de montaje mecánico

	Peso Neto (Kg)	Precio unitario (Kg)	Precio Total
<b>Peso de máquinas a implementar en sistema de corte</b>	12.388,13	\$ 1,93	\$ 23.847,15
		<b>SUBTOTAL</b>	\$ 23.847,15
		<b>IVA (12%)</b>	\$ 2.861,66
		<b>TOTAL</b>	\$ 26.708,81

En la tabla 27 se observa el presupuesto de la obra civil basada en los precios de la revista de la cámara de construcción de Guayaquil.

Tabla 27

## Presupuesto de obra civil

Actividades Obra Civil	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
<b>Limpieza de terreno</b>	257	m2	\$ 0,98	\$ 251,86
<b>Trazado y replanteo</b>	257	m2	\$ 1,80	\$ 462,60
<b>Nivelación y Re compactación de suelo existente</b>	257	m2	\$ 6,53	\$ 1.678,21
<b>Re plantillo</b>	257	m2	\$ 5,99	\$ 1.539,43
<b>Hormigón Estructural Portland Clase a fc=140Kg/cm2</b>	115,6	m3	\$ 181,39	\$ 20.968,68
<b>Mano de obra</b>				\$ 5.000,00
			<b>SUBTOTAL</b>	\$ 29.900,78
			<b>IVA (12%)</b>	\$ 3.588,09
			<b>TOTAL</b>	\$ 33.488,88

En la tabla 28 se encuentra el presupuesto de la obra eléctrica.

Tabla 28

## Presupuesto de obra eléctrica

Obra eléctrica	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
<b>CABLE DE COBRE TFF # 10 AWG FLEXIBLE</b>	100	m	\$ 0,87	\$ 87,00
<b>TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO 15 A. 120 V.</b>	3	u	\$ 10,00	\$ 30,00
<b>INTERRUPTOR PULSADOR BTICINO SIMPLE - CON PLACA</b>	20	u	\$ 3,70	\$ 74,00
<b>TABLERO</b>	1	U	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
<b>MANO DE OBRA</b>				\$ 595,50

Continua



	<b>SUBTOTAL</b>	\$ 1.786,50
	<b>IVA (12%)</b>	\$ 214,38
	<b>TOTAL</b>	\$ 2.000,88

La tabla 29 muestra el presupuesto total del proyecto, siendo este la suma de los presupuestos de materiales, montaje mecánico, obra civil, obra eléctrica.

Tabla 29

**Presupuesto total**

	<b>Subtotal</b>	<b>12 % IVA</b>	<b>Total</b>
<b>Presupuesto maquinarias</b>	\$ 135.653,00	\$ 16.278,36	\$ 151.931,36
<b>Presupuesto montaje mecánico</b>	\$ 23.847,15	\$ 2.861,66	\$ 26.708,81
<b>Presupuesto obra Civil</b>	\$ 29.900,78	\$ 3.588,09	\$ 33.488,88
<b>Presupuesto obra eléctrica</b>	\$ 1.786,50	\$ 214,38	\$ 2.000,88
<b>Otros</b>	\$ 10.000,00	\$ 1.200,00	\$ 11.200,00
	<b>Presupuesto total</b>		<b>\$ 225.329,93</b>

La empresa debe invertir en la adquisición de este nuevo sistema el Presupuesto total que es tomado de la tabla 29; constituyéndose en un activo fijo destinado para realizar las actividades de corte de las palanquillas importadas de 12 m, y abastecer el horno de precalentamiento del área de laminación.

Es de indicar que los precios escogidos en el presupuesto, son a bases de cotizaciones a empresas comerciales, por tal razón puede ser variable. Para la realización del análisis económico se tomará como referencia el valor del presupuesto de \$ 225.329,93.

Las cotizaciones de las maquinarias y equipos se encuentran en el anexo K.

## 5.3 ANÁLISIS DE COSTOS

### 5.3.1 COSTO DE MANO DE OBRA

A continuación en la tabla 30 se detalla el costo mensual de la mano de obra por cada trabajador de ANDEC S.A. dedicado al proceso de oxicorte:

Tabla 30

**Detalle de mano de obra por trabajador anual**

<b>Sueldo</b>	<b>IESS</b>	<b>Décimo tercer sueldo</b>	<b>Décimo cuarto sueldo</b>	<b>Total del sueldo Mensual</b>	<b>Vacaciones</b>	<b>Total del sueldo anual</b>
<b>\$ 540,00</b>	\$ 60,21	\$ 45,00	\$ 28,33	\$ 673,54	\$ 270,00	\$ 8.352,52

(ANDEC)



El total del sueldo anual, es lo que recibe por año cada cortador de palanquilla por parte de la empresa ANDEC S.A., en el 2012 para llegar a las 96.000 toneladas fueron necesarios 16 trabajadores en los 3 turnos al día, de 8 horas cada uno comprendidos de la siguiente manera:

- Primer turno, 00:00 a 08:00
- Segundo turno, 08:00 a 16:00
- Tercer turno, 16:00 a 24:00

### 5.3.2 DETERMINACIÓN DEL PRECIO DE VENTA

Es el valor en dólares que el proyecto (nuevo sistema de oxicorte) va a generar a la empresa ANDEC S.A.

Teniendo en cuenta que el número de operarios para el sistema propuesto es de 2 personas por turno, tendremos un ahorro en la parte económica al momento de producir las toneladas solicitadas por el área de laminación.

Además es importante conocer las alternativas económicas del sistema propuesto dependiendo de cada turno. (Véase en la tabla 32).

Tabla 31

Cuadro de alternativas económicas Actual-Propuesto

Proceso promedio actual						
Alternativa proceso actual	Trabajadores	Meses	Palanquillas cortadas (día)	Palanquillas cortadas anual (Requeridas)	% Palanquillas cortadas anual (Requeridas)	Subtotal de mano de obra
1 Turno	6	8	154			\$ 33.410,08
2 Turno	12	2	308	64000	100	\$ 16.705,04
3 Turno	16	2	600			\$ 35.073,39
<b>Total de Mano de Obra</b>						<b>\$ 85.188,51</b>
Proceso promedio propuesto						
Alternativa proceso propuesto	Trabajadores	Meses	Palanquillas cortadas (día)	Palanquillas cortadas anual (Requeridas)	% Palanquillas cortadas anual (Requeridas)	Subtotal de mano de obra
1 Turno	2	6	169			\$ 8.352,52
2 Turno	4	6	338	64051	100	\$ 16.705,04
<b>Total de Mano de Obra</b>						<b>\$ 25.057,56</b>

La alternativa del proceso propuesto cumple con el total de palanquillas cortadas anualmente, además en la tabla 32 se muestra el beneficio económico que se genera respecto al proceso actual.

Tabla 32

## Cuadro de alternativas económicas

	<b>Beneficio económico entre proceso actual y alternativa 2</b>	<b>% Beneficio</b>
Proceso actual	\$ 85.188,51	100%
Proceso propuesto	\$ 25.057,56	29%
Ahorro	<b>\$ 60.130,95</b>	<b>71%</b>

Por lo expuesto se recomienda a la empresa ANDEC implementar el sistema con la alternativa expuesta en el proceso propuesto, la cual comprende:

- 1 turnos, 2 operarios y 1 montacargas; durante 6 meses
- 2 turnos, 4 operarios y 1 montacargas; durante 6 meses

Con dicha alternativa se cumple con las 64.000 palanquillas anuales y un ahorro de \$ 60.130,95 por cada año.

### 5.3.3 ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA

La medición de la rentabilidad económica de un proyecto no es fácil por las enormes dificultades que existen para pronosticar el comportamiento de todas las variables que condicionan su resultado. Por ello, lo más común es explicar lo que se evalúa es uno, quizás el más probable, de los escenarios que podría enfrentar un proyecto. El cálculo de la rentabilidad de cada uno de los escenarios es una de las tareas más simples, fáciles y certeras del trabajo del evaluador. La determinación de la rentabilidad propiamente tal es un proceso mecánico que conduce siempre a un único resultado, que será interpretado por el evaluador del proyecto y determinar la viabilidad y sostenibilidad económica de este. (NASSIR SAPAG CHAIN, 2007)

#### 5.3.3.1 Periodo de recuperación del capital

Es el número de año que la empresa tarda en recuperar la inversión. Este método selecciona aquellos proyectos cuyo beneficio permite recuperar más rápidamente la inversión es decir, cuanto más corto sea el período de recuperación de la inversión mejor será el proyecto. (KAREN MARIE MOKATE, 2004)

Los inconvenientes que se atribuyen, son los siguientes:

- El defecto de los métodos estáticos (no tiene en cuenta el valor del dinero en las distintas fechas o momentos).
- Ignora el hecho de que cualquier proyecto de inversión puede tener corriente de beneficio o pérdidas después de superado el período de recuperación o reembolso.

Puesto que el plazo de recuperación no mide ni refleja todas las dimensiones que son significativas para la toma de decisiones sobre inversiones, tampoco se considera un método completo para poder ser empleado con carácter general para medir el valor de las mismas.

A continuación se procederá a realizar el cálculo del período de recuperación de capital:

$$\text{Período de recuperación de capital} = \frac{\text{INVERSIÓN}}{\text{UTILIDAD DEL EJERCICIO}}$$

- La inversión es el costo del proyecto, de tal manera será el presupuesto obtenido,
- La utilidad del ejercicio es el ahorro de la mano de obra que obtiene la empresa.

$$\text{Período de recuperación de capital} = \frac{\$ 225.329,93}{\$ 60.130,95} = 3,75$$

El capital de la inversión se lo recupera en 3 años, 9 meses.

### 5.3.3.2 Rentabilidad sobre la inversión

La rentabilidad económica o de la inversión es una medida, referida a un determinado período de tiempo, del rendimiento de los activos de una empresa con independencia de la financiación de los mismos. De aquí que, según la opinión más extendida, la rentabilidad económica se considera como una medida de la capacidad de los activos de una empresa para generar valor con independencia de cómo han sido financiados.

La rentabilidad económica se erige así en un indicador básico para juzgar la eficiencia en la gestión empresarial, pues precisamente el comportamiento de los activos, determina con carácter general que un proyecto sea o no rentable en términos económicos. (Luis Garrido Martos, 2006) (Juan Pedro, 2002)

### 5.3.3.3 Cálculo de la rentabilidad económica

A la hora de definir un indicador de rentabilidad económica nos encontramos con tantas posibilidades como conceptos de resultado y de inversión relacionados entre sí.

Sin embargo, de forma genérica suele considerarse como la tasa de devolución producida por un beneficio económico respecto al activo total.

$$\text{Rentabilidad sobre la Inversión} = \frac{\text{Beneficio económico}}{\text{Activo total}}$$

- El activo total es el costo del proyecto, de tal manera será el presupuesto obtenido,
- El beneficio económico es el ahorro de la mano de obra que obtiene la empresa.

$$\text{Rentabilidad sobre la inversión} = \frac{\$ 60.130,95}{\$ 225.329,93} = 0,27$$

La rentabilidad sobre la inversión total es 27 %.

(Luis Garrido Martos, 2006)

(Juan Pedro, 2002)

(La Gran Enciclopedia de la Economía)

En el anexo L, se encuentra la carta de conformidad por parte de **ACERÍAS NACIONALES DEL ECUADOR ANDEC S.A.**, en el cual se certifica que el proyecto ha sido concluido de manera satisfactoria para la empresa.

## CAPITULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

- Se estudiaron los procesos que intervienen en el proceso de fabricación de varilla los principales son el horno eléctrico, colada continua y laminación. También se aprendió el funcionamiento de una planta de acería para la fabricación de la misma.
- Se estudiaron y se analizaron cada uno de los diferentes tipos de corte: inyección de agua, plasma, láser y oxicorte, de tal manera se llegó a concluir que el método manual de oxicorte es adecuado para cortar la palanquilla importada, ya que tiene menos costos en su aplicación y tiene un acabado continuo en la palanquilla, a diferencia de los otros tipos de corte de los cuales algunos no son aptos para cortar la palanquilla de 130 mm de espesor y otros utilizan recursos que encarecen el proceso de oxicorte aumentando gastos a la empresa.
- Se recopiló información sobre el sistema de corte actual de la palanquilla en la empresa ANDEC, el proceso de corte empieza cuando los montacargas llevan la palanquilla de 12 metros desde el lugar de su almacenamiento y termina cuando los montacargas almacenan la palanquilla cortada en partes de 4 metros aproximadamente. Las medidas de corte son dadas por el área de laminación. En la actualidad, este proceso de oxicorte lo realizan manualmente los trabajadores de la empresa.
- Se realizaron los diseños correspondientes del nuevo sistema de corte para la palanquilla importada, en el cual intervinieron criterios de estructuras metálicas, sistemas hidráulicos y selección de maquinarias según catálogos, además se realizó una automatización del sistema con un HMI acorde al sistema, este debe estar en una botonera cerca del proceso.
- La selección de la máquina de oxicorte, se debe a su capacidad de magnetismo hacia la estructura que la soporta y su sistema de traslado por medio de engranaje hacen de la máquina GULLCO KAT II apta para el desarrollo del proceso.

- Se efectuaron los planos de detalle, estos son la base para el montaje del proyecto una vez que ANDEC decida implementarlo, su tolerancia mecánica es  $\pm 1$ . Además contienen especificaciones civiles de la estructura de hormigón armado (cimentación) e indican los detalles necesarios para la elaboración del mismo.
- En la tabla 10, se observa que se logró reducir el tiempo del sistema actual de corte en 10 minutos produciendo, por tal razón hay un aumento de 15 palanquillas por turno. Teniendo un aumento de producción de 9,7%.
- El nuevo sistema reduce considerablemente las maniobras de los operarios con las palanquillas y montacargas, de tal manera su baja interacción con los trabajadores disminuye posibles enfermedades a largo plazo; a diferencia del actual que tienen que realizar los procesos de oxicorte manualmente interactuando de manera directa con los gases producidos por el oxicorte, malas posiciones corporales y maquinarias.
- Se reduce considerablemente el costo de la mano de obra teniendo un ahorro de \$ 60.130,95, para producir anualmente 64.000 palanquillas, con un promedio de 169 palanquillas con 1 turno, 2 operadores y 1 montacargas. De igual manera se conoce que si es necesario la capacidad máxima del sistema es de 800 palanquillas diarias con 3 turnos, 6 operadores y 2 montacargas.
- El corte realizado por la máquina de oxicorte es un corte continuo, el mismo no deja incrustaciones y malos acabados producidos por la inexperiencia de los trabajadores de ANDEC que realizan actualmente esta actividad, ya sean por inexpertos en el proceso o por otros motivos.
- Se elaboró un análisis financiero, sin embargo no interviene un flujo de caja, su razón es que si disminuye el tiempo en cortar palanquillas y aumenta su producción, la empresa no va a importar más producto ya que su principal abastecedor es el horno de fundición. Por tal motivo el análisis financiero se realizó en base al ahorro que realiza la empresa al momento de implementar el nuevo proyecto.

El presupuesto total del proyecto es de \$ 225.329,93. El beneficio económico del proyecto es el ahorro en el costo de la mano de obra, según la tabla 32, su

ahorro es de \$ 60.130,95. Teniendo un periodo de recuperación de capital de 3 años y 9 meses.

- Su rentabilidad es del 27 %, siendo llamativo para su implementación.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que al momento de realizar el proyecto, el lugar en que vaya a implementar sea lo más cercano al horno de precalentamiento del proceso de laminación, de tal manera se disminuye el tiempo y distancia en el transporte del material.
- La obra civil debe estar completamente nivelada para que no sobrepasen las tolerancias de la parte mecánica y si es necesario deberá hacerse un estudio de suelo ya que no pueden permitirse hundimientos, ya que estos interferirán con el buen funcionamiento del sistema.
- Al momento de adquirir la máquina de oxicorte se recomienda, no cambiar las especificaciones de la maquinaria indicadas en el proyecto, si esto ocurre no se garantiza el buen proceso de corte de la palanquilla importada.
- Se recomienda realizar nuevas cotizaciones de la construcción de los cilindros hidráulicos, ya que en el presupuesto del capítulo de análisis financiero se toma el valor de una cotización de un proveedor internacional por tal razón su valor es elevado y por ende el presupuesto.
- Cuando se realice las compras de las partes de la maquinaria del sistema propuesto, la empresa debe tener en cuenta el tiempo de importación para su implementación.
- Se recomienda que el HMI propuesto en el capítulo 4, sea hecho en una botonera y no en computadora, ya que el sistema estará en patio y se someterá a los cambios de clima de Guayaquil.
- Es recomendable el uso de equipo de protección personal al momento de su utilización.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M. (s.f.). Catálogo técnico. *Ruedas para rieles 5ta revisión*.
- Acosta, L. G. (s.f.). Clasificación de las bombas hidráulicas.
- Allen Bradley. (s.f.). Catalogo Inductive Proximity Sensors.
- ANDEC. (s.f.).
- ANDEC, P. d. (2012). Datos de corte Palanquilla importada actual.
- Bradley, R. A.–A. (s.f.). Sensores de proximidad e interruptores de final de carrera.
- Canto, C. (s.f.). Sensores Inductivos. *Autómatas Programables*. Facultad de ciencias UASLP .
- (2002). Análisis Estructural. En G. Cueva. LIMUSA NORIEGA EDITORES.
- DIRECT-ELECTRO. (s.f.). Catálogo /tarifa.
- ENERPAC. (s.f.). Catálogo Comercial. *Fuerza hidráulica para todas las aplicaciones industriales*.
- Enrique Vilches, E. (s.f.). El Contactor.
- Escuela Politécnica Nacional, Q. (2009). Diseño y Construcción de un sistema modular para elevación de cargas en edificios de Estructura de acero en construcción Tesis Ingeniero Mecánico. En C. G. Patricio.
- FESTO FLUIDSIM: Manual deUsuario. (s.f.).
- (s.f.). Mecánica de Materiales 6ta Edición. En J. Gere.
- Grupo Master. (s.f.). Obtenido de [http://www.grupomaster.com/PAG\\_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/index.htm](http://www.grupomaster.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/index.htm)
- GULLCO International Limited- distribuye INDURA. (s.f.).
- HERVIEU. (s.f.). Catálogo técnico, roues et roulettes.
- HILTI. (2013). Catálogo y servicios 2013. *Catálogo general 2013*.
- Ing. J. Gpe. Octavio Cabrera Lazarini M.C. (s.f.). Corte con láser.
- Ing. Pablo Dávila Silva. (s.f.). SOFTWARE Y HARDWARE,.
- Inga Ortega – Juan Ortega. (s.f.). Prototipo de supervisión, control, monitoreo y adquisición de datos, para sistemas electrónicos autómatas,.
- Ingeniería, W. (s.f.). *El corte mediante oxicorte: Operación y guías prácticas,.*



- José Roldán Vilorio. (s.f.). Neumática, Hidráulica y electricidad aplicada.  
THOMSON PARANINFO.
- Juan Pedro. (2002). Análisis de Rentabilidad de la Empresa Sánchez Ballesto, .  
(2005). Tecnología mecánica. En F. R. Julio Serrano, *Procesos de conformado por arranque de viruta y soldadura de metales*.
- KAREN MARIE MOKATE. (2004). Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión .
- La Gran Enciclopedia de la Economía. (s.f.).
- (s.f.). Elementos de ingeniería ferroviaria parte II – cálculo del riel. En I. W. López.
- Luis Garrido Martos. (2006). Métodos de Análisis de Inversiones .
- M.C., I. J. (s.f.). Corte por Plasma. *Procesos moderno de Corte*.  
(2005.). Manual de corte-soldadura perforación. En Manuel Iglesias Rodríguez.  
Madrid, Escuela de Bomberos y Protección civil,.  
(s.f.). Diseño de Estructuras de Acero 2da edición. En J. C. McCormac.
- MES SIGMA. (s.f.). Sensores Inductivos.
- NASSIR SAPAG CHAIN. (2007). Proyectos de inversión formulación y evaluación .  
(s.f.). Diseño de Ingeniería mecánica de Shigley, Octava edición. En R. g. Nisbett.  
Monterrey: Mc Graw Hill.
- North American Industries, INC. . (s.f.).
- Personal de Mantenimiento de Laminación ANDEC. (s.f.). Diámetros nominales de varillas ANDEC.
- Personal de Mantenimiento de Laminación ANDEC. (s.f.). Temperatura del horno de Pre calentamiento.
- Personal de mantenimiento de laminación de ANDEC. (s.f.). Cajas de tren de laminación.
- Roquet. (s.f.). Catalogo Cilindros Hidráulicos.  
(s.f.). Física para ciencia e ingeniería . En J. SERWAY.
- WIKIPEDIA. (s.f.). *es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje\_de\_programación*. Obtenido de *es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje\_de\_programación*
- XINJE. (s.f.). XINJE XC PLC series HARDWARE MANUAL .
- YULIESKY Cristo Devora. (2013). *Estudio Financiero*. Obtenido de <http://www.econlink.com.ar/proyectos-deinversion/estudio-financiero>