

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA Y
CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN

**“ANÁLISIS Y REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE UNA
METALMECÁNICA”**

TESINA DE SEMINARIO

Previa a la obtención del título de:

INGENIERAS INDUSTRIALES

Presentada por:

KRYSTEL MARGARITA MENDOZA MERA

ANDREA PAOLA ORDÓÑEZ RODRÍGUEZ

Guayaquil – Ecuador

2009

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios.

A nuestros padres que siempre nos han dado su apoyo incondicional y a quienes debemos este triunfo profesional, por todo su trabajo y dedicación para darnos una formación académica y sobre todo espiritual. De ellos es este triunfo y para ellos es todo nuestro agradecimiento.

A nuestra profesora de seminario, Ing. Ana María Galindo A. por su confianza y apoyo en nuestra investigación.

DEDICATORIA

A nuestras familias.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Francisco Andrade S.

DECANO DE LA FIMCP

Ing. Ana María Galindo A.

DIRECTORA DE TESIS

Ing. Marcos Buestán B.

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente: y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Krystel Mendoza M.

Andrea Ordóñez R.

RESUMEN

La empresa FC CONSTRUCCIONES es una metalmecánica, que tiene como único dueño al Ing. Mec. Franklin Chippe Villacrés, está dedicada especialmente a la construcción de maquinaria agrícola, y tiene como principal consumidor la industria arrocera.

Dentro de su cartera de productos constan maquinaria como: elevadores de cangilones, bandas transportadoras, ventiladores de doble oído, quemadores de cascarillas, tolvas, silos, ciclones, y transportadores helicoidales.

Se comienza el diseño y la construcción de sus maquinarias bajo pedido, cada proyecto tiene una duración aproximada de un mes y medio como mínimo a tres meses máximo, todo esto dependiendo si estos proyectos no implican investigación adicional al diseño estándar.

La empresa actualmente es aquejada por varios problemas, como fallas en su administración debido a la falta de procedimientos y la poca capacitación que se le provee al personal, a estos se les suma los continuos paros de producción, ya sea por cambios de proyectos, o también las descargas masivas de materia

prima, en la cual se utilizan los trabajadores de producción. Además el desorden y mala administración de las bodegas, el no poseer equipos adecuado de manipuleo y traslado de materiales, la mala ubicación de las bodegas, comedores y baños, todos estos problemas trae como consecuencia pérdidas en tiempo de producción, pérdidas en ventas, pérdida de proyectos y por ende esto incide en costos de mano de obra adicionales.

Con el fin de resolver estos problemas, o al menos reducir el impacto que causan dentro de la empresa, se realizó este proyecto de investigación, el cual tiene como objetivo el rediseño de la distribución física de la planta.

Para realizar un óptimo rediseño de la planta, fue necesario conocer detalladamente los métodos y herramientas a utilizar, se realizó una investigación exhaustiva de todos los métodos de rediseño que se podrían aplicar, para luego seleccionar el más adecuado, en este caso el método SPL y el método QAP fueron los elegidos.

Continuando con el estudio de rediseño, se efectuó un análisis de la situación actual de la planta, la cual nos dio como resultados los problemas que aquejan a la empresa en cada uno de las áreas(mercado, producción, sistema de almacenamiento, organizacional), encontrando que además de los problemas ya

nombrados se suman los siguientes: no tienen acceso, ni espacio adecuado para el despacho y recepción de materiales, se realizan desplazamientos innecesarios lo que causa pérdida de tiempo, que la planta actualmente está trabajando a un 51,8% de su capacidad de producción, y no existe un área destinada para comedor.

A cada uno de los problemas encontrados tanto en la definición del problema como en el análisis de la situación actual de la empresa, se los analizó buscando la causa raíz de los mismos con la herramienta Diagrama Causa y Efecto (Ishikawa), con lo cual se propusieron varias soluciones y se seleccionó las más adecuadas con matrices de criterios.

En la mayoría de los problemas la solución era el rediseño de la distribución física de la planta, debido a que los métodos de rediseño ya habían sido escogidos, se ejecutó el rediseño de la planta por el método SPL, y se intentó hacer lo mismo por el método QAP, pero no se consiguió una solución efectiva.

El método SPL dio tres posibles soluciones para el rediseño, para escoger la más adecuada se efectuaron cálculos de distancias con las relaciones entre departamentos, lo que llevó a que la solución más adecuada era la número 2.

Una vez conseguido el nuevo diseño de la planta, se realizó una proyección de resultados, lo que dio una visión de las mejoras que se darían si se aplicara el nuevo diseño, así como a las soluciones que se propusieron en los demás problemas.

ÍNDICE GENERAL	Pág.
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE PLANOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. Generalidades.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Definición del problema.....	7
1.3. Objetivo general.....	16
1.4. Preguntas de la investigación.....	18
1.5. Justificación del estudio.....	19
1.6. Hipótesis.....	20
1.7. Diseño de la investigación.....	21
CAPÍTULO 2	
2. Marco teórico.....	22
2.1. Investigación de conceptos y definiciones.....	23

2.1.1. Concepto y definición de diseño de planta.....	23
2.1.1.1. Distribución por posición fija.....	26
2.1.1.2. Distribución por proceso.....	28
2.1.1.3. Distribución por producto.....	30
2.1.1.4. Distribuciones híbridas.....	32
2.1.1.5. Células de un trabajador.....	33
2.1.1.6. Células de tecnología de grupo.....	34
2.1.2. Planeamiento sistémico de la distribución de planta.....	36
2.1.2.1. Fase i: Localización.....	36
2.1.2.2. Fase ii: Distribución general de conjunto.....	36
2.1.2.3. Fase iii: Plan detallado de distribución.....	37
2.1.2.4. Fase iv: Instalación de la distribución	37
2.1.3. Investigación de métodos para la planeación de	
Distribución de planta.....	38
2.1.3.1. Spl (systematic plant layout).....	38
2.1.3.2. Qap (cuadrática assignment problem) aplicado de	
Distribución física.....	41
2.1.3.3. Corelap.....	42
2.1.3.4. Craft.....	42
2.1.3.5. Celdas de manufactura.....	44

2.2. Selección del método de distribución de planta.....	46
2.3. Investigación de herramientas.....	48
2.3.1. Siete herramientas de la calidad.....	48
2.3.1.1. Diagrama causa y efecto.....	49
2.3.1.2. Checklist.....	50
2.3.1.3. Gráficas de control.....	52
2.3.1.4. Diagramas de flujo.....	53
2.3.1.5. Histograma.....	57
2.3.1.6. Diagramas de dispersión.....	58
2.3.1.7. Diagrama de pareto.....	59
2.3.2. Estudio de tiempos y movimientos.....	61
2.3.3. Matriz de los 5 ¿porqués?.....	67
2.4. Selección de herramientas.....	69

CAPÍTULO 3

3. Situación Actual de la Empresa.....	71
3.1. Diagnostico de la situación actual de la empresa.....	72
3.1.1. Situación actual del Mercado.....	84
3.1.2. Situación actual de producción.....	92
3.1.3. Situación actual de almacenamiento y manipuleo de	

Materiales.....	95
3.1.4. Situación actual organizacional.....	102
3.2. Distribución actual de la planta.....	107
3.3. Verificación de las necesidades de la planta.....	109
3.4. Problemas presentes.....	137
CAPÍTULO 4	
4. Rediseño de la distribución física de la planta.....	140
4.1. Análisis de los problemas presentes.....	141
4.1.1. Selección de la mejor alternativa de solución a los Problemas.....	160
4.2. Rediseño de la distribución física de la planta.....	176
4.2.1. Rediseño de la distribución física de la planta por el Método spl.....	176
4.2.2. Rediseño de la distribución física de la planta por el Método qap.....	189
4.2.3. Comparación de los diseños.....	198
4.3. Plano final.....	200
4.3.1. Proyección de resultados.....	201

CAPÍTULO 5

5.

5.1. Conclusiones.....	217
5.2. Recomendaciones.....	220

FIGURA 3.3: Procesos de Apoyo.....	75
FIGURA 3.4: Diagrama de Pareto de los productos.....	77
FIGURA 3.5: Bom de Envejecedores de arroz.....	79
FIGURA 3.6: BOM de Elevadores.....	79
FIGURA 3.7: BOM de Quemadores de cascarillas de arroz.....	80
FIGURA 3.8: Proceso de Compras.....	80
FIGURA 3.9: Pastel de Porcentaje de Ventas.....	86
FIGURA 3.10: Pastel de Principales competidores.....	89
FIGURA 3.11: Demanda de maquinaria industrial en Los Ríos y Guayas.....	90
FIGURA 3.12: Diagrama organizacional.....	106
FIGURA 3.13: Oferta y demanda de enero a junio/09.....	109
FIGURA 3.14: Proyección de producción a 10 años.....	111
FIGURA 3.15: Otida del proceso productivo.....	115
FIGURA 3.16 Estructura de soporte para laminas.....	123
FIGURA 3.17 Estructura de soporte para tubos.....	124
FIGURA 3.18 Estructura de soporte para pinturas.....	126
FIGURA 3.19 Estructura de soporte para motores.....	126
FIGURA 3.20 Estructura de soporte para partes pequeñas.....	128
FIGURA 3.21 Estructura de soporte para discos y bandas.....	130

FIGURA 4.1: Diagrama de ishikawa, problema de paros de producción	144
FIGURA 4.2: Diagrama de ishikawa, problema falta de mano de obra...	147
FIGURA 4.3: Diagrama de ishikawa, problema perdidas de tiempos de Producción.....	150
FIGURA 4.4: Diagrama de ishikawa, problema no tienen un equipo adecuado para el manipuleo de materiales ni las seguridades necesarias.....	153
FIGURA 4.5: Diagrama de ishikawa, problema desorden en las Bodegas.....	156
FIGURA 4.6: Diagrama de ishikawa, problema baja tasa de Producción.....	158
FIGURA 4.7. Matriz de Relaciones.....	181
FIGURA 4.8 Block Layout.....	184
FIGURA 4.9: Espacio disponible para asignación de departamentos...	191
FIGURA 4.9: Carro portalaminas.....	209
FIGURA 4.10: Carro plataforma.....	210

INDICE DE TABLAS

	Pág
TABLA 1: Descuentos en precios de ventas por días de retraso.....	8
TABLA 2: Paros de producción por cambios de proyectos.....	9
TABLA 3: Paros de producción por descarga de material.....	10
TABLA 4: Pérdida de tiempo de producción por manipuleo de Materiales.....	12
TABLA 5: Tiempo diario perdido por recorridos realizados.....	13
TABLA 6: Definición de los problemas.....	15
TABLA 7: Características de los tipos de distribuciones de planta.....	32
TABLA 8: Selección del método de distribución de planta a utilizar.....	47
TABLA 9: Estudio de Tiempos con cronómetro.....	64
TABLA 10: Matriz de selección de herramientas.....	69
TABLA 11: Lista de Proveedores.....	82
TABLA 12: Ventas a clientes de enero/09 a junio/09.....	85
TABLA 13: Proyectos realizados de enero/09 a junio / 09.....	87
TABLA 14: Principales competidores.....	88
TABLA 15: Demanda, oferta y mercado insatisfecho de enero a junio	91
TABLA 16: Maquinaria y operarios utilizados por proceso.....	94
TABLA 17: Manipuleo de materials.....	98

TABLA 18: Carta FROM TO.....	100
TABLA 19: Resumen de movimientos.....	101
TABLA 20: Proyección de Producción a 10 años.....	110
TABLA 21: Variables del análisis de capacidad.....	112
TABLA 22: Variables del análisis de capacidad.....	113
TABLA 23: Tasas de Producción.....	114
TABLA 24: Balanceo de Linea.....	117
TABLA 25: Matriz de los 5 porques.....	159
TABLA 26: Soluciones a actividades críticas.....	161
TABLA 27: Matriz de criterios.....	162
TABLA 28: Soluciones a actividades críticas.....	164
TABLA 29: Matriz de criterios.....	165
TABLA 30: Soluciones a actividades críticas.....	166
TABLA 31: Matriz de criterios.....	167
TABLA 32: Soluciones a actividades críticas.....	168
TABLA 33: Matriz de criterios.....	168
TABLA 34: Soluciones a actividades críticas.....	169
TABLA 35: Matriz de criterios.....	170
TABLA 36: Soluciones a actividades críticas.....	171
TABLA 37: Matriz de criterios.....	172

TABLA 38: Tabla de soluciones.....	173
TABLA 39: Carta from – to.....	178
TABLA 40: Resumen de movimientos.....	180
TABLA 41: Medidas en metros de los departamentos.....	183
TABLA 42: Resultados de recorridos de layout.....	188
TABLA 43: Carta from –to.....	190
TABLA 44: Matriz de distancias.....	192
TABLA 45: Matriz de relaciones.....	193
TABLA 46: Tabla de asignación de posición de departamentos.....	195
TABLA 47: Tabla resumen de asignación de posición de Departamentos.....	196
TABLA 48: Resultados de recorrido de los layout.....	199
TABLA 49: Clasificación Abc de los clientes por ventas.....	202
TABLA 50: Comparación entre escenario anterior y propuesto según Mejoras.....	203
TABLA 51: Comparación entre escenario anterior y propuesto según Mejoras.....	206
TABLA 52: Características del carro portalámina.....	208
TABLA 53: Pérdida de tiempos de producción por manipuleo de Materiales.....	210

TABLA 54: Unidades de carga.....	214
TABLA 55: Tiempo diario perdido por recorridos realizados.....	215

ÍNDICE DE PLANOS

	Pág.
PLANO 1: Distribución actual de la planta.....	107
PLANO 2: LAYOUT #1 MÉTODO SPL.....	185
PLANO 3: LAYOUT #2 MÉTODO SPL.....	186
PLANO 4: LAYOUT #3 MÉTODO SPL.....	187
PLANO 5: LAYOUT MÉTODO QAP.....	197
PLANO 6: PLANO FINAL.....	200

CAPÍTULO 1

1.1 ANTECEDENTES

FC Construcciones es una empresa metalmecánica, cuenta con una planta ubicada en el km 12 ½ vía a Daule. Tiene como único dueño al Ing. Mec. Franklin Chippe Villacrés. Esta empresa fue fundada en el año de 1999 y se especializa en la construcción de maquinarias para la agroindustria, teniendo como mercado principal la industria arrocera.

La diversidad de los productos construido es muy amplia. Algunas de las principales maquinarias que construye son:

- Elevadores de cangilones

- Bandas transportadoras
- Ventiladores de doble oído
- Quemadores de cascarillas
- Tolvas
- Silos
- Ciclones
- Transportadores helicoidales

Actualmente la empresa cuenta con aproximadamente 37 empleados entre operarios de producción, operarios de montaje, jefes de bodega, montaje y producción, choferes, personal contable y gerentes.

Por un periodo de nueve años esta empresa laboró artesanalmente en un total de tres talleres ubicados al sur de la ciudad. En sus comienzos se situó en la esquina de Tulcán y el Oro, propiedad del padre del dueño. Con el pasar de los años, por el aumento en la producción, se establecieron en dos talleres más, uno de estos ubicados en la esquina frontal del primer taller y el segundo en Chamber, entre Tulcán y Carchi, en la cuadra siguiente.

Sin embargo, esto generaba altos costos operativos y problemas en el ensamble de las máquinas, ya que el espacio en estos talleres era

reducido. Además, debido a que se encontraba en un barrio residencial, los problemas con la comunidad se iban acrecentando a medida que la empresa iba creciendo, debido al gran ruido producido ya que muchas veces se veían obligados a usar las aceras para armar las máquinas.

Es así, que en el año 2008 la empresa decidió trasladarse a una zona industrial en el Km 12 ½ vía Daule, donde adquirió un terreno de 2100 m², lo que ha generado visibles mejoras en la logística y la capacidad de atender la demanda de producción que actualmente maneja la empresa.

La empresa comienza el diseño y la construcción de sus maquinarias bajo pedido. En cada proyecto u orden de trabajo por cliente, pueden encontrarse un promedio de 3 a 8 máquinas, dependiendo del proyecto que se esté manejando.

Cada proyecto, se puede realizar en su totalidad, incluyendo el montaje del mismo, en un periodo aproximado de un mes y medio a tres meses.

Aquellos proyectos que impliquen investigación y diseño de las máquinas, tardarán un promedio de tres a seis meses.

Actualmente la empresa tiene problemas en su administración debido a la falta de procedimientos y la poca capacitación que se le provee al personal.

El negocio como ya se mencionó anteriormente consiste en receptar pedidos por parte de los clientes, tomando en consideración todas las especificaciones necesarias como material, dimensiones, cantidad, etc. procurando siempre sugerir al cliente sobre opciones de optimización de recursos. Luego se diseña la estructura, se analiza la disponibilidad de materia prima y se envía al taller respectivo la orden junto con el diseño para comenzar la elaboración de la maquinaria.

1.2 Definición del problema

Dentro de la empresa existen muchas falencias que serán objetivo de estudio para este proyecto, entre los principales problemas se tiene:

Paros de producción: este problema se debe a que no se cuenta con un plan o cronograma de producción. Se maneja todo a través de conveniencia, es decir, si se está efectuando un trabajo en la línea y llega un proyecto de mayor importancia se le resta importancia al trabajo que se está realizando para darle prioridad al proyecto nuevo.

Con datos históricos se puede afirmar que se generan en promedio 2 paros de producción por mes, debido a cambios de proyecto. Esto genera altos tiempos de lead time y muchas veces produce malestar en los clientes por no cumplir con la fecha de entrega de sus pedidos, es decir decrece el nivel de servicio.

La empresa cuenta con una política de mejora al servicio al cliente con el fin de evitar retrasos continuos en la entrega de los proyectos. Se proporciona un descuento en el precio de venta por cada día de retraso. A continuación se muestra en la tabla 1 los descuentos por días de retrasos:

TABLA 1**DESCUENTOS EN PRECIOS DE VENTAS POR DÍAS DE RETRASO**

% de descuento	Días de retraso
2%	0-10
3%	11-20
4%	20 en adelante

Como muestra la tabla 2 los continuos paros de producción traen como consecuencia una demora promedio de 7 días en el tiempo de entrega de los proyectos, generando así costos a la empresa que ascienden a un total de \$ 3.303,17 en los seis primeros meses, lo que representa \$6.606,34 de costo anual.

TABLA 2

PAROS DE PRODUCCIÓN POR CAMBIOS DE PROYECTOS

Cliente	Fecha de emisión	Fecha de entrega	Tiempo de entrega (días)	Tiempo de entrega Real (días)	Tiempo de retraso (días)	Descuento por retraso
Indurey CIA	05-ene-09	30-ene-09	20	30	10	\$56.00
Arrocesa S.A.	09-ene-09	29-ene-09	15	22	7	\$130.00
Industrias DACAR	17-feb-09	10-mar-09	16	25	9	\$104.00
Agricampo	19-feb-09	06-mar-09	11	19	8	\$280.00
Placas del sur S.A	02-mar-09	25-mar-09	18	30	12	\$1,143.00
Inarromesa	23-mar-09	15-Apr-09	18	22	4	\$21.00
Arrocesa S.A.	6-Apr-09	29-Apr-09	20	27	7	\$33.96
Agricampo S.A.	24-Apr-09	14-may-09	15	18	3	\$1,428.12
DIORT	25-may-09	12-jun-09	15	22	7	\$30.46
Fundametz	22-may-09	19-jun-09	23	30	7	\$22.40
AGRIVIT	04-jun-09	26-jun-09	15	22	7	\$12.65
Arrocesa S.A.	04-jun-09	02-jul-09	20	25	5	\$41.58
					TOTAL	\$3,303.17

Otros paros en la producción se dan cuando se realizan descargas de pedidos, como el espacio asignado para este tipo de actividad es reducido, se requiere de todo el personal para agilizar la operación. Estos paros de producción se dan cada vez que llegan pedidos de materiales pesados y en grandes cantidades (planchas), como se puede observar en la tabla 3:

TABLA 3

PAROS DE PRODUCCIÓN POR DESCARGA DE MATERIAL

FECHA DE COMPRA	OPERARIOS TOTALES PARA DESCARGA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE PRODUCTO	TIEMPO TOTAL DE DESCARGA (min)	COSTO TOTAL DIARIO
07-Jan-09	6	Tubos cuadrados	150	165,00	\$7,64
22-Jan-09	8	Planchas de 2mm h/n	20	26,67	\$2,47
22-Jan-09	8	Tubos galvanizados	18	26,40	\$1,22
28-Jan-09	8	Planchas de 1.4mm	20	26,67	\$2,47
28-Jan-09	8	Planchas de 1.4mm h/n	24	32,00	\$2,96
30-Jan-09	12	Planchas de 2mm.	50	100,00	\$9,26
18-Feb-09	16	Planchas perf red.	138	368,00	\$34,07
04-Mar-09	3	Angulos laminados	36	39,60	\$0,92
19-Mar-09	8	Pl. Galv. 1.1mm	36	48,00	\$4,44
19-Mar-10	8	Angulos lam. 30x4mm	98	300,53	\$6,96
27-Mar-09	8	Tubos cuadrados	337	494,27	\$22,88
07-Apr-09	12	Planchas de 2mm.	50	100,00	\$9,26
29-Apr-09	6	Tubos 75x2	39	42,90	\$1,99
06-Jun-09	12	Planchas galvanizadas	63	126,00	\$11,67
12-Jun-09	12	Planchas de 1.4mm	80	160,00	\$14,81
TOTAL				2056,03	\$133,02

Si en promedio la empresa genera ventas por \$410.000 anuales, lo que equivale a que por cada minuto desperdiciado de producción se deja de percibir \$3,16.

Por el problema de descarga de materiales se generó una pérdida de 2056.03 minutos de paros de producción en los seis meses, lo que

concierno a un costo semestral en mano de obra de \$ 133,02, y una perdida en ventas de \$6.504,42 en el mismo periodo, que simboliza 1 proyecto no elaborado. Al año representaría la pérdida de capacidad de producción de 2 proyectos, con un costo de \$13.008,84 de ventas.

Esto se da debido a que la empresa no cuenta con una adecuada administración de sus bodegas, es decir, que no se posee una política de inventario, no tienen establecido un stock mínimo y un stock de seguridad, no tienen un control de entrada y salidas de los productos almacenados, no se realizan auditorias, no tienen un diseño adecuado para el manipuleo de materiales ni las seguridades necesarias; no tiene un acceso adecuado para el despacho y recepción de materiales.

Manipulación de los materiales: El manipuleo de las planchas, motores y demás materiales pesados se realiza manualmente debido a que no se cuenta con equipos de manipuleo como montacargas o grúas. En la siguiente tabla se muestra los indicadores que se producen por este problema.

TABLA 4

PÉRDIDA DE TIEMPO DE PRODUCCIÓN POR MANIPULEO DE MATERIALES

Área	Materiales	Tiempo de traslado manual diario de materiales (min)	Tiempo diario disponible de producción (min)	% de tiempo de producción desperdiciado
Torno	acero de transmisión	12	540	2%
Corte	planchas, ángulos, tubos, perfiles	10	540	2%
Pintura	envases de pinturas	11	540	2%
	Total	33		6%

La tabla 4 muestra que se produce una pérdida del 6% del tiempo diario disponible de producción, lo que equivale a 33 minutos perdidos en el mismo período en el manipuleo de materiales, esto equivale a 3.960 minutos en el semestre, lo que representa una pérdida en ventas de \$104,40 semestrales, \$208,80 al año.

Mala Ubicación de áreas especiales: La ubicación de oficinas, baños y comedor, no es la más adecuada, como se muestra en la tabla 5, la oficina del administrador de producción no tiene una vista disponible a todo el proceso de fabricación y es por esto que debe estar movilizándose aproximadamente de 6 a 8 veces en el día a supervisar que los operarios

estén realizando su trabajo, recorriendo constantemente una distancia de 106.5 metros ocupando así 10 minutos por cada recorrido que en un día de trabajo normal le genera aproximadamente una pérdida de 60 minutos diarios. Un operario del área de tornos tiene que recorrer 96.32 metros para trasladarse al baño, esto equivale a una pérdida de tiempo de 15 min., si este en promedio se dirige al baño 2 veces al día.

TABLA 5
TIEMPO DIARIO PERDIDO POR RECORRIDOS REALIZADOS

Área Salida	Área de llegada	Distancia (m)	Tiempo recorrido (min.)	Nº veces de recorrido en el día	Tiempo diario perdido en recorrido(min)
Administración	Procesos	106.5	10	6	60
Torno	Baño	96.32	5	2	10
Pintura	Garita	81.32	5	1	5

Estos desplazamientos representan un total de 75 minutos diarios desperdiciados en recorridos, lo que al semestre significa 9.000 minutos, y en ventas \$28.742 lo que equivale a 2 proyectos no realizados. Al año representaría una pérdida en ventas de \$57.484, equivalentes a 5 proyectos no realizados.

Falta de mano de obra: Otro de los problemas que existe es que muchas veces se han tenido que rechazar proyectos por falta de mano de obra, han existido proyectos de gran magnitud que no han podido ser concluidos dentro del tiempo de entrega por la falta de operarios.

En lo que va del año se han aplazada la entrega del trabajo terminado de 4 proyectos, del total de 27 que se han aceptado. Equivale a una pérdida de \$43.332 al semestre, al año esto significa \$86.664 perdidos en ventas, y 8 proyectos aplazados.

Pérdidas de tiempo para el arranque en la producción: el tiempo de setup es muy alto, se ha estimado que cada comienzo de jornada se pierden aproximadamente 30 minutos en preparación de máquinas y materiales. Esto representa al semestre una pérdida de 3.600 minutos, y se dejó de vender \$11.388,89, que equivale a un proyecto. Al año esto representa una pérdida de 7.200 minutos, es decir se deja de vender \$22.677,78.

Como conclusión de este capítulo, se elaboró una tabla resumen (tabla 6), en la cual se muestra cada problema encontrado con sus respectivos indicadores económicos y productivos, los cuales permitirán realizar comparaciones de la evolución de la empresa aplicadas una vez las mejoras.

TABLA 6
DEFINICIÓN DE LOS PROBLEMAS

Problema		Tiempo de producción perdido (anual) (minutos)	Dinero perdido en ventas (anual)	Costo de mano de obra	Total dinero perdido (anual)	Producto no elaborado (proyectos)
Paros de producción	Por cambios de proyectos	92.880,00	\$ 6.606,34	\$ 2.150,00	\$ 8.756,34	1
	Por descargas de materiales	4.112,06	\$ 13.008,83	\$ 266,04	\$ 13.274,87	1
Mala Ubicación de áreas especiales		18.000,00	\$ 56.944,44	\$ 416,67	\$ 57.361,11	5
Falta de mano de obra			\$ 86.664,00		\$ 86.664,00	8
Pérdida de tiempo para el arranque de producción		7.200,00	\$ 22.777,78	\$ 166,67	\$ 22.944,44	2
Pérdida de tiempo por manipuleo de materiales		7.920,00	\$ 25.055,56	\$ 183,33	\$ 25.238,89	2
TOTAL		130.112,06	\$ 211.056,95	\$ 3.182,71	\$ 214.239,66	19

Por este motivo el proyecto estará orientado al análisis y rediseño de la distribución física de la planta, con esto se pretende obtener como resultado la solución más óptima en la distribución física, y a la vez le permita a la empresa en un proyecto posterior implementar esta medida que brindará mejor desempeño en su sistema productivo.

1.3 Objetivo General:

- Aplicar técnicas y conocimientos de investigación de mercado, ingeniería de métodos, producción y layout en el mejoramiento de la distribución física de la metalmecánica FC Construcciones S.A.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar los problemas que tiene actualmente FC Construcciones.
- Realizar la investigación de fundamentos teóricos relacionados al análisis y diseño de la distribución física de una planta, con la finalidad de recopilar la información más relevante de dichas teorías, para escoger entre ellas los métodos y herramientas a utilizar en este proyecto.
- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa en las áreas de mercado, producción, manipuleo y almacenamiento de materia prima y producto terminado. Además de determinar áreas y procesos críticos que causan demoras en la fabricación de las máquinas.
- Verificar las necesidades de la empresa.
- Analizar los problemas encontrados durante el diagnóstico y proponer mejoras.

- Seleccionar la mejor alternativa para la solución de cada problema encontrado.
- Aplicar las técnicas de distribución de planta.

1.4 Preguntas de la Investigación:

Para el análisis de los objetivos planteados se realizará una serie de preguntas que se generan a partir de los mismos, con el fin de facilitar la búsqueda de los posibles resultados de la investigación.

¿Los paros de producción que se dan dentro de la planta son debido a la distribución física actual de la planta?

¿La inadecuada ubicación y el espacio asignado a la zona de descarga repercuten en problemas tanto como paros de producción, así como incomodidad a la hora de las descargas?

¿El tiempo invertido en las descargas representa pérdidas considerables a la planta?

¿La ubicación actual de la bodega de materia prima es la adecuada?

¿Las áreas especiales (baños, comedores, vestidores) cuentan con un lugar definido dentro de la planta?

¿La capacidad de producción actual de la planta es delimitada de alguna manera por la actual distribución física de la misma?

¿La capacidad de producción actual de la planta es delimitada de alguna manera por la mano de obra existente?

¿Cuáles son las principales razones por las que se da los retrasos en la entrega de proyectos?

1.5 Justificación del estudio:

Una buena distribución de planta minimiza los costos de operación y maximiza las utilidades, considerando requerimientos del mercado, normas y parámetros para lograr la seguridad, el confort del recurso humano y la satisfacción del cliente, además evita fracasos financieros y productivos, contribuyendo a un mejoramiento continuo en los procesos.

Se cree que la mayoría de los problemas encontrados tiene su origen en la distribución actual de la planta, puesto que muchos de los problemas se dan debido a pérdidas de tiempo en desplazamientos, además de mala ubicación de áreas especiales como bodegas, mala distribución en la zona de descarga y falta de herramientas de manipuleo, lo que produce demoras en su traslado y por ende paros en la producción.

El proyecto tiene como fin el rediseño de la distribución física de la planta de FC Construcciones, basándonos en los problemas encontrados.

La realización del proyecto ha de lograr que se si encuentran soluciones que sean factibles en su aplicación, se mejore considerablemente el rendimiento de la misma, es decir mejorando su tasa de producción, aumentando la capacidad, logrando un adecuado orden y manejo de las áreas de trabajo y equipos, con el fin de minimizar tiempos, espacios y costos.

1.6 Hipótesis

La realización de un estudio de distribución física en la planta FC construcciones ayudará a la mejora de una serie de problemas tales como:

- Eliminar los 2 paros de producción promedio por mes que se dan por cambio de proyectos.
- Reducir en un 50% los retrasos en tiempo de entrega de los proyectos y al mismo tiempo reducir en un 50% el costo que estos atrasos generan.
- Disminuir a 10% el porcentaje de clientes insatisfechos, el promedio actual es de 25% al mes.
- Reducir en un 20% la pérdida de minutos por paros de producción debido a descarga de materiales, es decir 2.88 horas diarias.
- Reducir al 3% el porcentaje de pérdida de tiempo de producción por manipuleo de materiales, que actualmente está al 6%.
- Disminuir a 15 minutos el tiempo de setup, ya que se ha estimado que cada comienzo de jornada se pierden aproximadamente 30 minutos en preparación de máquinas y materiales.

1.7 Diseño de la Investigación

El proyecto está enfocado al rediseño de la actual planta de FC construcciones, teniendo como justificación los problemas que se dan como consecuencia de la distribución existente.

Para realizar la investigación primero se recopilará información sobre la situación actual de la empresa, luego se verificará si se tiene un correcto diseño en cuanto al mercado, producción, sistema de almacenamiento, área organizacional, para responder a las necesidades de producción reales de la empresa.

La empresa no cuenta con datos históricos de años pasados a causa que no se llevaba registros de datos, hasta inicios del año 2009, por lo cual solo se cuenta con datos de Enero a Julio del 2009.

Luego se analizará los problemas presentes y se presentarán sus posibles soluciones. Por último se rediseñara la planta de acuerdo a sus necesidades.

Aplicando esas técnicas se conocerá la situación actual de la empresa, y por ende los problemas que están presentes, a estos se los analizará a fondo lo que conlleva a posibles soluciones.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO.

En este capítulo se realizó la investigación de fundamentos teóricos relacionados al análisis y diseño de la distribución física de una planta, con la finalidad de recopilar la información más relevante de dichas teorías de manera concisa y clara, para luego escoger entre ellas los métodos y herramientas a utilizar en este proyecto. Con ello se logra identificar la mejor forma de plantear las metodologías a desarrollar en el rediseño de la planta.

2.1. Investigación de conceptos y definiciones.

2.1.1. Concepto y definición de diseño de planta

Según el autor Juan Ramón Martínez, del libro Producción, procesos y operaciones. El diseño de Planta es el proceso para determinar la ordenación de los productivos dentro de una planta, de modo que formen un elemento productivo capaz de alcanzar los objetivos de la forma más adecuada y eficiente.

La distribución de planta busca que los hombres, materiales y máquinas trabajen conjuntamente y con efectividad de tal manera que funcionen como un equipo único.

Este arreglo físico ya puesto en proyecto incluye los espacios requeridos para las máquinas, movimientos del personal y los materiales, almacenamiento de materia prima, producto terminado e insumos, y demás actividades.

El diseño de planta persigue dos objetivos principales:

- Aumentar la producción y disminuir costos
- Dar seguridad al trabajador y satisfacción por el trabajo que realiza.

Un buen diseño de planta trae como consecuencia un mejor funcionamiento de las instalaciones, controlando costos de producción, disminuyendo el desperdicio, aumentando el capital de trabajo, controlando la materia prima, la producción, la mano de obra y a la vez da a conocer la verdadera capacidad de la planta con la que puede hacer frente a la demanda de productos.

Según el Marco Teórico de las tesis “Diseño de distribución en planta de una empresa textil” , de Martin Muñoz Cabanillas, es el proceso de determinación de la mejor ordenación de los factores disponibles de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible. Para hacer una distribución en planta hay que tener en cuenta los objetivos estratégicos y tácticos de la empresa, no existiendo para ello un método único.

En la dinámica de trabajo de las organizaciones es normal tener que hacer redistribuciones en planta por distintos motivos como:

- Aparición de nuevas máquinas
- Cambios en los productos
- Cambios en el volumen de producción

- cambios en la tecnología y en los procesos

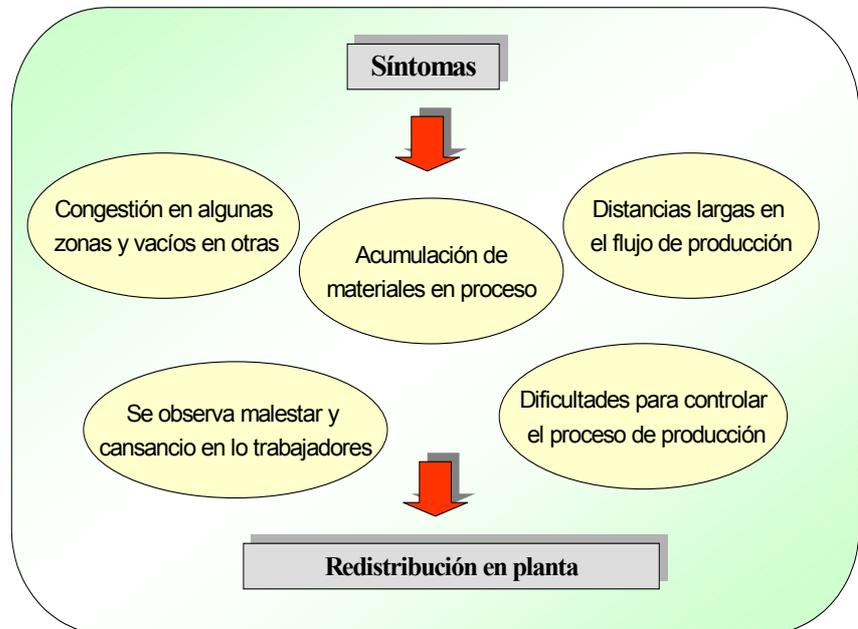


FIGURA 2.1: SÍNTOMAS PARA REALIZAR UNA DISTRIBUCION DE PLANTA

Ventajas de un eficiente diseño de Planta:

- Se reduce el riesgo de enfermedades profesionales, y accidentes de trabajo.
- Se disminuye tiempos de procesos por lo que se aumenta la producción.
- Se equilibran tiempos de trabajos y cargas por lo que se reduce los tiempos de espera.

- Se disminuyen distancias de recorridos.
- Se reduce el manipuleo innecesario de materiales
- Se reduce material en proceso
- Se facilita el control de las actividades
- Integra los procesos en el mayor grado posible.
- Le da flexibilidad al proceso productivo para adaptarse a los cambios.
- Tipos de Distribución de Planta

2.1.1.1. Distribución por posición fija

Según el Marco Teórico de las tesis “Diseño de distribución en planta de una empresa textil”, de Martin Muñoz Cabanillas, en esta distribución el material no se desplaza en la planta, sino que permanece en el mismo lugar, por lo tanto la maquinaria y equipo se llevan hacia él. Este tipo de distribución se aplica cuando las características del producto

(peso, forma volumen), no le permiten desplazarse, y se fabrican pocas unidades al mismo tiempo.

Se aplica para la fabricación de productos como barcos, buques, aviones, motores de grandes dimensiones, proyectos de construcción.

Ventajas:

- Reduce el manejo de piezas grandes
- Se responsabiliza al trabajador de la calidad de su trabajo, mientras más hábil menos supervisión necesita.
- Es una distribución altamente flexible.
- No requiere una ingeniería de distribución costosa.

Desventajas:

- El flujo de fabricación no puede ser más rápido que la actividad más lenta.

- Inversión elevada en maquinaria y equipos.
- La parada en alguna máquina o falta de personal puede representar la parada del proceso completo.

2.1.1.2. Distribución por proceso

Se crean áreas de trabajos por funciones, la disposición de equipos productivos se da por su afinidad, sin relación alguna con la secuencia de operaciones del producto, los productos se mueven de un área a otra según la secuencia de fabricación, está dirigida a producción de bajo volumen y gran variedad. Según el Marco Teórico de las tesis “Diseño de distribución en planta de una empresa textil” , de Martin Muñoz Cabanillas,

Ventajas:

- Se aprovecha al máximo la capacidad de producción de las máquinas, debido a que todos los productos usan las mismas.
- Gran flexibilidad para realizar trabajos, y cambios de productos.
- Operarios mucho más hábiles, ya que tienen que ser capaces de manejar las distintas máquinas.
- Si se presenta algún daño o parada en alguna máquina, no afecta a la línea completa, porque se cuentan con algunas máquinas que realizan la misma función.

Desventajas:

- Existe dificultad para establecer rutas y programas de trabajo.
- La separación de las operaciones y la mayor distancia que tiene que recorrer da como resultado mayor manipulación de materiales, y se emplea una mayor cantidad de mano de obra.
- Aumentan el stock de producto en proceso.

- Sistema de control de producción complicado y falta de control visual.

2.1.1.3. Distribución por producto

Conocida también como producción en cadena, los equipos de producción se distribuyen de acuerdo con las etapas por las que va pasando el proceso de fabricación conformando una línea de montaje. La maquinaria y el equipo necesario para la fabricación de un producto se agrupan en un espacio determinado lo que reduce al mínimo las distancias recorridas.

Esta distribución se emplea cuando existe una elevada demanda y constante de uno o más productos, y el suministro de materiales es fácil y continuo.

Ejemplos comunes de esta distribución son la fabricación de automóviles, el embotellado de gaseosas, entre otros.

Ventajas:

- Se disminuyen los retrasos en fabricación, debido a que los productos tienen rutas de fabricación definidas.

- Menor manipulación de materiales, debido a que la distancia que se recorre es mínima.
- Menos inventario en proceso.
- Menos inspección requerida.
- Mejor utilización de la mano de obra, se requiere personal calificado en cada etapa del proceso.

Desventajas:

- Elevada inversión en máquinas, muchas de las máquinas utilizadas en una línea de producción no se pueden utilizar para otras.
- Poca flexibilidad en la ejecución de trabajos.
- Si una máquina se para o sufre una avería existe una alta probabilidad que se pare la línea completa.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las características generales de las diferentes distribuciones antes nombradas.

TABLA 7
CARACTERÍSTICAS DE LAS DISTRIBUCIONES

	D. por Producto	D. por Proceso	D. por Posición Fija
Producto	Productos estándares con un volumen de producción alto (producción en masa).	Productos diversificados con volúmenes de producción variables.	Difíciles de mover (barcos, trenes, edificios) o con demanda muy pequeña y específica.
Flujo de Trabajo	Lineal y el mismo para todos los productos, el manejo de material es por lo general automatizado.	La secuencia de fabricación de cada producto hace que no existan rutas estándares.	No existe flujo. Los recursos se trasladan hacia el producto.
Mano de Obra	Hacen tareas repetitivas y rutinarias	Es calificada, sin necesidad de estrecha supervisión y moderadamente adaptable.	Alta flexibilidad, realizan operaciones diferentes según el producto.
Maquinaria	Maquinaria específica para operaciones concretas.	Máquinas flexibles con la capacidad de fabricar varios productos.	Máquina de propósito general y común a todos los productos que fabrica la empresa.
Utilización de Espacio	Eficiente, elevada salida por unidad de superficie	Baja salida por unidad de superficie, necesidad de espacio para material en proceso.	Generalmente toda la superficie es requerida por el producto.

2.1.1.4. Distribuciones híbridas

Según el Marco Teórico de las tesis “Diseño de distribución en planta de una empresa textil”, de Martin Muñoz Cabanillas. En las distribuciones híbridas se busca

aprovechar las ventajas de las distribuciones por producto y por proceso.

Existen dos técnicas para crear diseños híbridos:

- Células de un trabajador
- Células de tecnología en grupo

Se define como células a la agrupación de máquinas y trabajadores que elaboran una sucesión de operaciones sobre múltiples unidades de un ítem o una familia de ítems.

2.1.1.5. Células de un trabajador

En esta distribución un trabajador maneja varias máquinas al mismo tiempo, para producir un flujo en línea, se aplica cuando los volúmenes de producción no son lo suficientemente altos como para mantener ocupados a los operarios. Ver figura 2.1.

Las máquinas se alinean en forma de u, o formando círculos para que al trabajador le sea más fácil el manejo de las mismas.

La principal ventaja de esta distribución es que se reducen considerablemente los niveles de inventario en proceso.

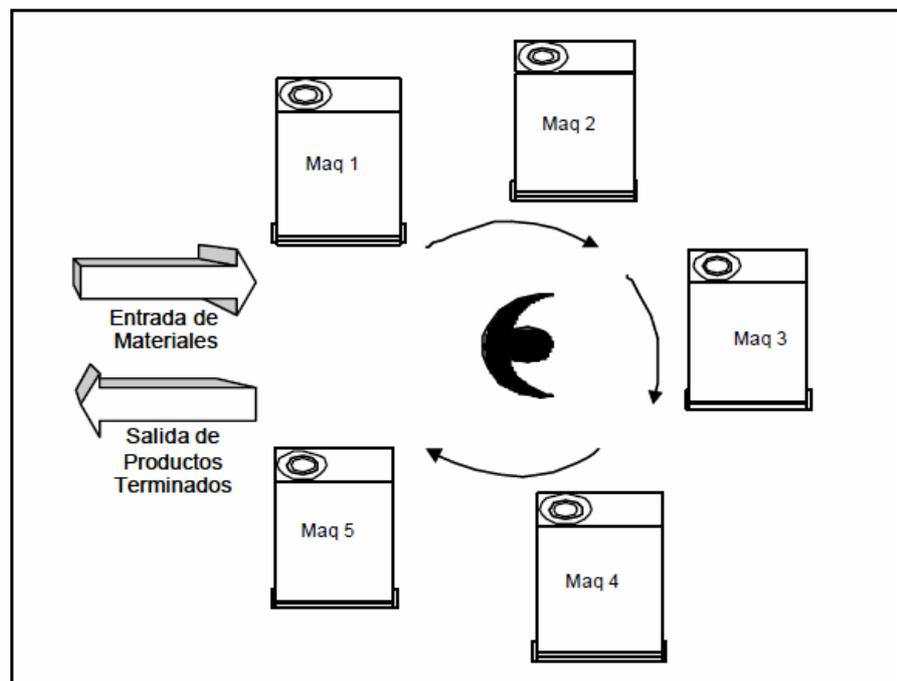


FIGURA 2.2 UN TRABAJADOR, MÚLTIPLES MÁQUINAS

2.1.1.6. Células de tecnología de grupo

En estas células, se agrupan partes o productos con características similares, junto a las máquinas que intervienen en su ejecución.

Las máquinas se distribuyen en células separadas que necesiten solo ajustes menores para pasar de la fabricación de un producto a otro dentro de la misma familia.

La mayor ventaja que esta distribución ofrece es que simplifica las rutas que recorren los productos. Ver figura 2.3

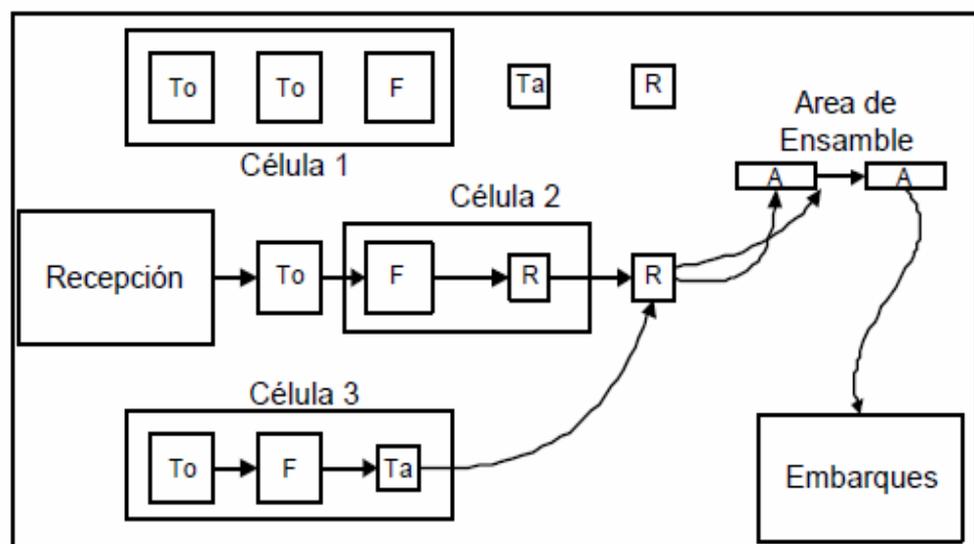


FIGURA 2.3 DISTRIBUCIÓN ANTES Y DESPUÉS DE APLICAR CÉLULAS DE TECNOLOGÍAS DE GRUPO

2.1.2. Planeamiento sistémico de la distribución de planta

El planeamiento sistémico es un forma organizada y racional para realizar el diseño de una planta, consta de cuatro fases las cuales a la vez consta de una serie de procedimientos, que ayudarán a un óptimo planeamiento de la distribución de planta. Se puede aplicar a plantas ya existentes tanto como a plantas nuevas.

2.1.2.1. Fase I: Localización

En esta fase se decide donde va a estar ubicada el área que va a ser organizada.

2.1.2.2. Fase II: Distribución general de conjunto

En esta fase se planea la distribución a modo general, se indica Tamaño y relación entre áreas, sin preocuparse de detalles.

Obtención de datos Básicos

1. Análisis de factores
2. Análisis de flujos y áreas
3. Desarrollo del diagrama general
4. El resultado de esta fase es un bosquejo a escala de la futura planta.

2.1.2.3. Fase III: Plan detallado de distribución

Es la planeación en detalle, lo que incluye donde van a ser localizadas las máquinas, equipos y puestos de trabajo.

- Diseño de las áreas de la empresa
- Presentación del diseño final.

2.1.2.4. Fase IV: Instalación de la distribución

Esta última fase implica la instalación, así como los movimientos y ajustes necesarios, para lograr la distribución que fue planeada.

2.1.3. Investigación de métodos para la planeación de distribución de planta

2.1.3.1. SPL (Systematic Plant Layout)

Con referencia al libro PLANT LAYOUT AND DESIGN de James M. Moore, el método S.L.P., es una forma organizada para realizar la planeación de una distribución y está constituida por cuatro fases, en una serie de procedimientos y símbolos convencionales para identificar, evaluar y visualizar los elementos y áreas involucradas.

Esta técnica puede aplicarse a oficinas, laboratorios, áreas de servicio, almacén u operaciones manufactureras y es igualmente aplicable a mayores o menores readaptaciones.

T

1.RELACIONES o d	Que indican el grado relativo de proximidad deseado ó requerido entre máquinas, departamentos ó áreas en cuestión.
2. ESPACIO a	Indicado por la cantidad, clase y forma ó configuración de los equipos a distribuir.
3. AJUSTE	Que será el arreglo físico de los equipos, maquinaria, servicios, en condiciones reales.

Fases del método spl

A continuación se describe las fases del modelo Systematic Plant Layout. Ver figura 2.4

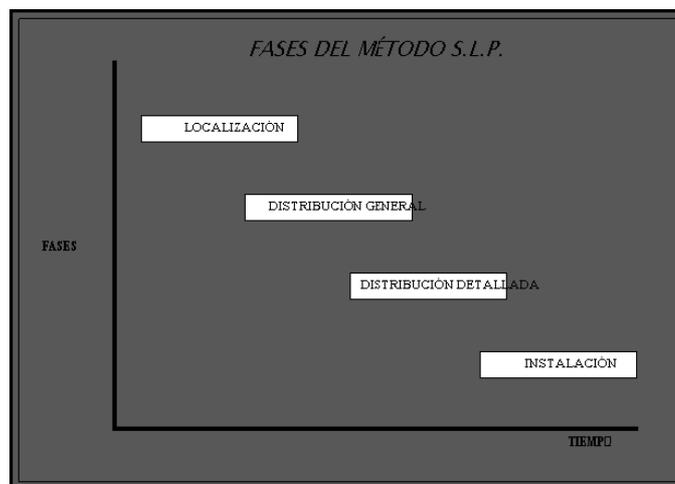


FIGURA 2.4: FASES DEL SPL

- El paso I es el de LOCALIZACIÓN.- Aquí debe decidirse donde va a estar el área que va a ser organizada, este no es necesariamente un problema de nuevo físico. Muy comúnmente es uno de los determinados, si la nueva organización o reorganización es en el mismo lugar que está ahora, en un área de almacenamiento actual que puede estar hecha gratis para el propósito, en un edificio

recientemente adquirido o en un tipo similar de un área potencialmente disponible.

- El paso II es donde se PLANEA LA ORGANIZACIÓN GENERAL COMPLETA.- Esta establece el patrón o patrones básicos de flujo para el área que va a ser organizada. Esto también indica el tamaño, relación y configuración de cada actividad mayor, departamento o área.
- El paso III es la PREPARACIÓN EN DETALLE del plan de organización e incluye planear donde va a ser localizada cada pieza de maquinaria o equipo.
- El paso IV es LA INSTALACIÓN.- Esto envuelve ambas partes, planear la instalación y hacer físicamente los movimientos necesarios. Indica los detalles de la distribución y se realizan los ajustes necesarios conforme se van colocando los equipos.

Estos pasos vienen en secuencia y para mejores resultados, deben traslaparse una a otra, es decir, que todas pueden iniciarse antes de que termine la anterior, ya que son complementarias.

2.1.3.2. QAP (Cuadrática Assignment Problem) aplicado de distribución física.

El Problema de Asignación Cuadrática (QAP – Quadratic Assignment Problem) según el libro Algoritmo Evolutivo Paralelo para Problemas de Asignación Cuadrática, es un problema clásico de optimización combinatorio, en el cual se encuentra un vasto número de problemas de diseño y de distribución de recursos en diferentes campos, donde la decisión a tomar es una asignación de elementos de un conjunto en otro. El QAP es considerado como un problema complejo y dificultoso de resolver y puede establecerse como un conjunto de n elementos distintos que deben ser localizados (asignados) en n localidades distintas de forma óptima, donde su objetivo es encontrar una asignación de departamentos a sitios, a fin de minimizar una expresión que enuncia costos, flujos o distancias.

El problema cuadrático de asignación de departamentos, es la generación y extensión de un problema tratado por el hombre tan tempranamente por el siglo XVII. Cubre una amplia clase de problemas que envuelve la minimización del Costo Total de interacción entre paredes de departamentos, nuevos y existentes.

Estos problemas involucran desde encontrar la asignación de fábricas a localizaciones fijas que minimizan los costos de transporte.

2.1.3.3. Corelap.

Según la tesis Algoritmo Genético Aplicado a Problemas de Localización de Facilidades. Tesis de Maestría, de Carabobo, Ninoska Maneiro., El CORELAP puede ordenar hasta 45 departamentos, entre otros requiere como inputs la especificación de los tamaños de aquellos departamentos y de algunas dimensiones de planta. El centro de la distribución sitúa el departamento que esté más interrelacionado con el resto, y coloca a los demás departamentos en función de la necesidad de su cercanía.

Limitaciones:

La solución obtenida se caracteriza por la irregularidad de las formas

2.1.3.4. Craft.

Es un programa heurístico que puede trabajar hasta 40 departamentos, se basa en un algoritmo de mejora, el cual parte de una solución o distribución previa y la modifica con

el fin de obtener reducciones en los costos. Una de sus principales características es que el área a trabajar o diseñar debe ser rectangular, en el caso de que no lo fuera se pueden introducir centros de actividades ficticias. En referencia a la tesis Algoritmo Genético Aplicado a Problemas de Localización de Facilidades de Ninoska Maneiro.

Limitaciones:

- El resultado inicial no necesariamente es el óptimo, por lo que condiciona el resultado y se debe probar varias soluciones distintas.
- Proporciona soluciones poco realistas, que obligan a realizar complejos ajustes manuales.

Ventajas:

- Cuando el costo no puede ser disminuido o se ha alcanzado un total de interacciones físicas, la mejor ordenación conseguida se imprime como solución.

2.1.3.5. Celdas de Manufactura.

Las celdas de manufactura son una herramienta que ha sido utilizada por empresas que llevan la filosofía LEAN.

Es un conjunto de máquinas altamente automatizado y consiste en un grupo de estaciones de trabajo, interconectadas por sistemas automáticos de sistemas de materiales y almacenamiento, controladas por computadoras y altamente organizadas, apoyadas en tecnología de robótica.

Ventajas:

- Reducen el tiempo de arranque en forma significativa
- Eliminan el almacenamiento entre operaciones
- Eliminan tiempo de movimiento entre operaciones
- Eliminan retrasos
- Reducen costos

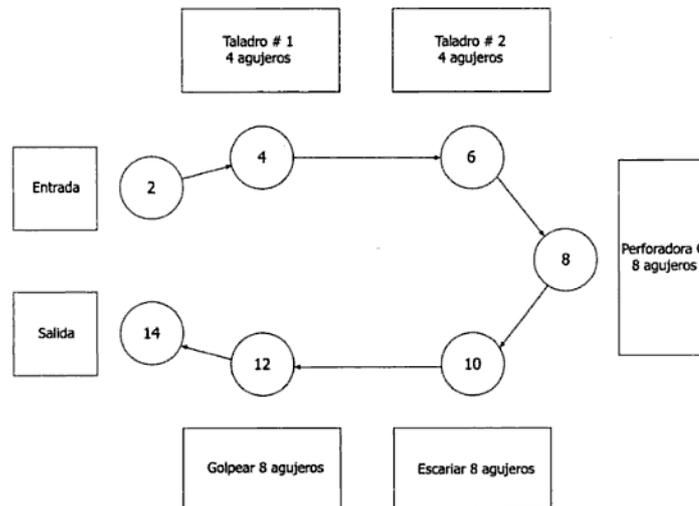


Figura 4-5 Distribución de la celda de manufactura.

FIGURA 2.5: CELDAS DE MANUFACTURA

Las celdas de manufactura permiten a cada operador comunicarse con los demás en caso de problemas o retraso, debido a que no se responsabiliza a un operador por máquinas sino al grupo de operadores con la celda, para cual deben tener habilidad de manejar las distintas máquinas involucradas dentro de la celda.

2.2. Selección del método de distribución de planta

A partir de la investigación de los métodos de distribución de planta existentes, se procede a realizar la selección de los métodos a utilizar, para lo cual se va a crear una matriz de relación, tabla 8, en la cual en las columnas se colocarán las ventajas de los métodos de diseño de planta, mientras que en las filas se colocara los distintos métodos existentes.

TABLA 8
SELECCIÓN DEL MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA A
UTILIZAR

	SPL	QAP	CORELAP	CRAFT	CELDA DE MANUFACTURA
Facilidad de aplicación	x				
Limitación del número de departamentos		x	x	x	
Reduce costos				x	x
Soluciones Realistas	x				
Eliminan Retrasos					x
Eliminan Movimientos	x	x	x		x
Bajos costos de inversión					
Fija lugar de actividades		x		x	
Flujo de materiales	x	x	x		
Gráfico de Relaciones	x	x	x		
Prioridades de cercanía	x	x	x		
Minimiza distancias	x				
Flexibilidad	x	x	x	x	
Utilización efectiva del espacio disponible		x	x		
TOTAL	8	8	7	4	3

En la selección del método más adecuado para el rediseño de la planta se obtuvo como resultado dos métodos, el SPL y el QAP. Se aplicarán los dos métodos y luego se compararán entre sí para escoger solo uno de acuerdo al que cumpla las expectativas de la gerencia de la planta.

2.3. Investigación de herramientas

2.3.1. Siete herramientas de la calidad

De acuerdo a Carlos Rene Elvir y su monografía ***Las Siete Herramientas de la Calidad*** También se les conoce como herramientas de calidad, de estadística, de administración, de la mejora continua, etc.

Estas herramientas se utilizan tanto como para la identificación de problemas, como para el análisis de los mismos.

- Diagramas de Causa-Efecto
- Planillas de Inspección
- Gráficos de Control
- Diagramas de Flujo
- Histogramas
- Gráficos de Pareto
- Diagramas de Dispersión

Las 7 herramientas tienen como propósitos:

- Organizar datos numéricos.
- Facilitar la planeación a través de herramientas efectivas.

- Mejorar el proceso de toma de decisiones.

2.3.1.1. Diagrama causa y efecto

Diagrama que muestra la relación sistemática entre un resultado fijo y sus causas.

Esta herramienta es útil en la identificación de las posibles causas de un problema, y representa las relaciones entre algunos efectos y sus causas.

En un ambiente no-manufacturero, las categorías de causas potenciales incluyen políticas, personal, procedimientos y planta (las 4 p's).

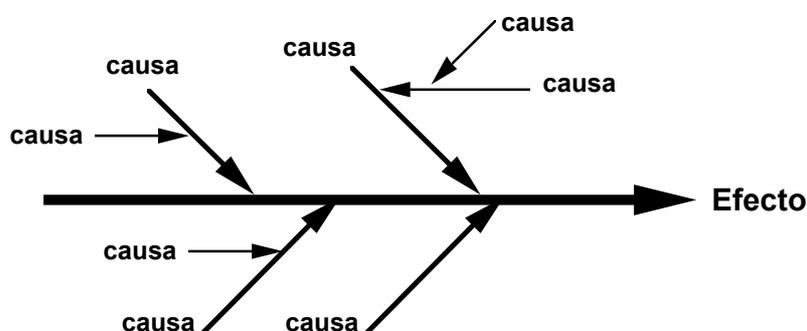


FIGURA 2.6 : DIAGRAMA DE ISHIKAWA

- Elaborarlo es una labor educativa en sí misma, favorece el intercambio de técnicas y experiencia.

- Ayuda a determinar el tipo de datos a obtener con el fin de confirmar si los factores seleccionados fueron realmente las causas del problema.
- Para prevenir problemas, cuando se detectan causas potenciales de un problema, éstas pueden prevenirse si se adoptan controles apropiados.
- Muestra la habilidad profesional que posee el personal encargado del proceso; entre más alto sea el nivel, mejor será el diagrama resultante.

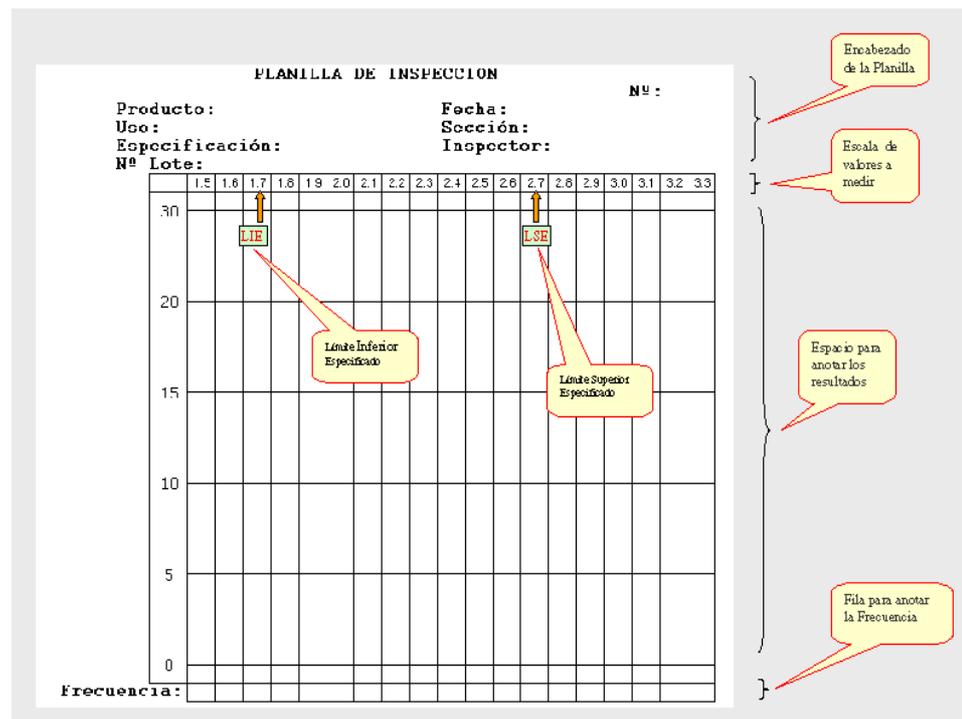
2.3.1.2. Checklist

La hoja de verificación es una forma que se usa para registrar la información en el momento en que se está recabando.

Esta forma puede consistir de una tabla o gráfica, donde se registre, analice y presente resultados de una manera sencilla y directa.

Estas hojas de verificación sirven para:

- Proporcionar un medio para registrar de manera eficiente los datos que servirán de base para subsecuentes análisis.
- Proporcionar registros históricos, que ayudan a percibir los cambios en el tiempo.
- Ayuda a traducir las opiniones en hechos y datos.



2.3.1.3. Gráficas de control

Diagrama que sirve para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable, o para indicar que el proceso se mantiene en una condición inestable.

Además, proporciona un método estadístico adecuado para distinguir entre causas de variación comunes o especiales mostradas por los procesos, promueve la participación directa de los empleados en el logro de la calidad y sirve como una herramienta de detección de problemas.

TIPOS DE GRÁFICAS DE CONTROL

Para las variables:

X - R Promedios y rangos

X - S Promedios y desviación estándar

X - R Medianas y rangos

X - R Lecturas individuales

Para los atributos:

p Porcentaje de unidades, trabajos defectuosos

np Número de unidades, trabajos defectuosos

c Número de defectos por unidad,

u Proporción de defectos por unidad

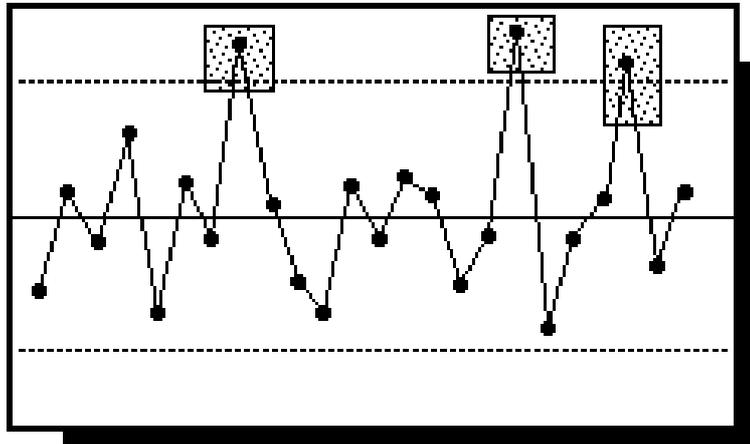


FIGURA 2.8: GRÁFICA DE CONTROL

Se dice que un proceso está bajo control, cuando no muestra ninguna tendencia, comportamiento anormal y, además, ningún punto sale fuera de los límites, si se trata de menos de 35 muestras.

2.3.1.4. Diagramas de flujo

Diagrama de Flujo es una representación gráfica de la secuencia de etapas, operaciones, movimientos, decisiones y otros eventos que ocurren en un proceso. Esta

representación se efectúa a través de formas y símbolos gráficos utilizados usualmente:

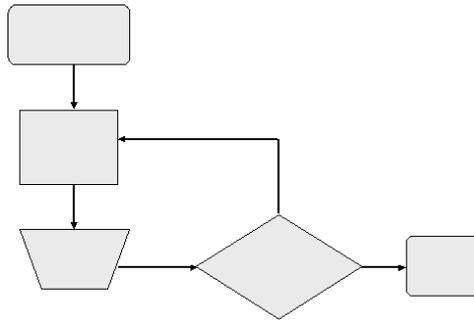


FIGURA 2.9: SÍMBOLOS DE DIAGRAMA DE FLUJO

Los símbolos gráficos para dibujar un diagrama de flujo están más o menos normalizados:

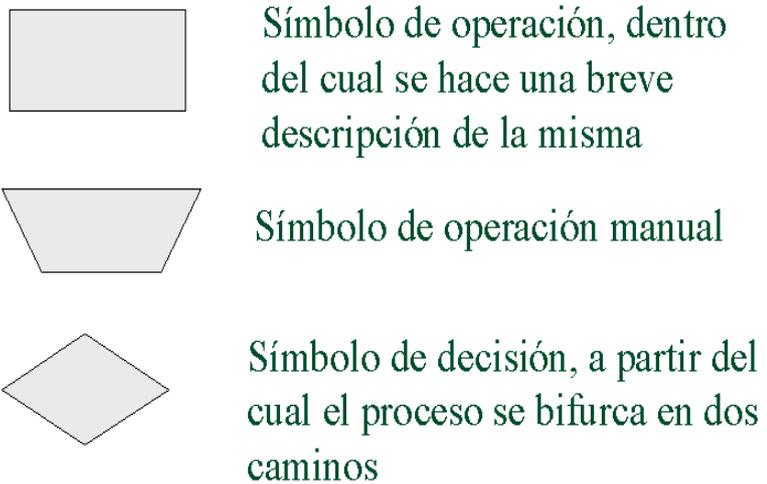


FIGURA 2.10: SÍMBOLOS DE UN DIAGRAMA DE FLUJO

Existen otros símbolos que se pueden utilizar. Lo importante es que su significado se entienda claramente a primera vista. En el ejemplo siguiente, se ve un diagrama de flujo para representar el proceso de fabricación de una resina (Reacción de Polimerización):

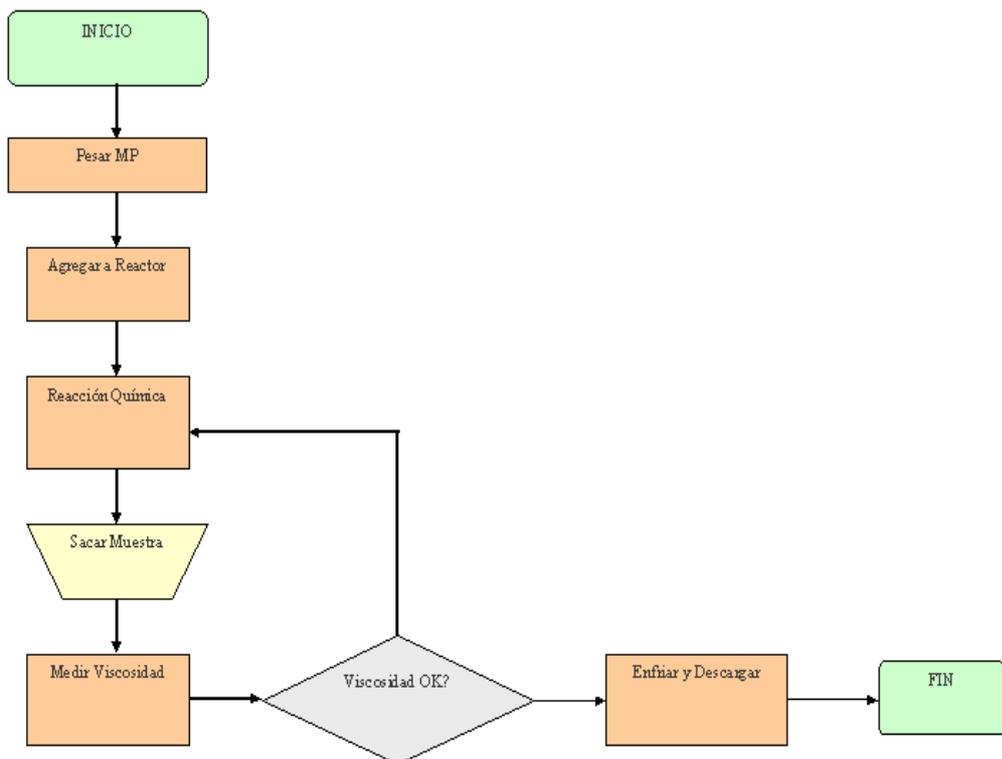


FIGURA 2.11: EJEMPLO DE DIAGRAMA DE FLUJO

Algunas recomendaciones para construir Diagramas de Flujo son las siguientes:

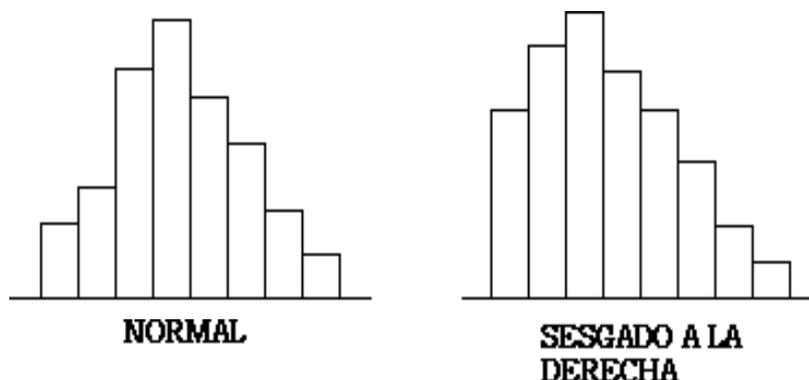
- Conviene realizar un Diagrama de Flujo que describa el proceso real y no lo que está escrito sobre el mismo (lo que se supone debería ser el proceso).
- Si hay operaciones que no siempre se realizan como está en el diagrama, anotar las excepciones en el diagrama.
- Probar el Diagrama de Flujo tratando de realizar el proceso como está descrito en el mismo, para verificar que todas las operaciones son posibles tal cual figuran en el diagrama.
- Si se piensa en realizar cambios al proceso, entonces se debe hacer un diagrama adicional con los cambios propuestos.

2.3.1.5. Histograma

En referencia al libro Las Siete Herramientas de la Calidad, Carlos Rene Elvir. Un histograma es un gráfico o diagrama que muestra el número de veces que se repiten cada uno de los resultados cuando se realizan mediciones sucesivas. Esto permite ver alrededor de qué valor se agrupan las mediciones (Tendencia central) y cuál es la dispersión alrededor de ese valor central.

Los histogramas ilustran la forma de la distribución de valores individuales en un paquete de datos en conjunción con la información referente al promedio y variación.

La forma de un histograma depende de la distribución de las frecuencias absolutas de los datos. Algunas de las formas más comunes que puede adoptar un histograma son las siguientes:



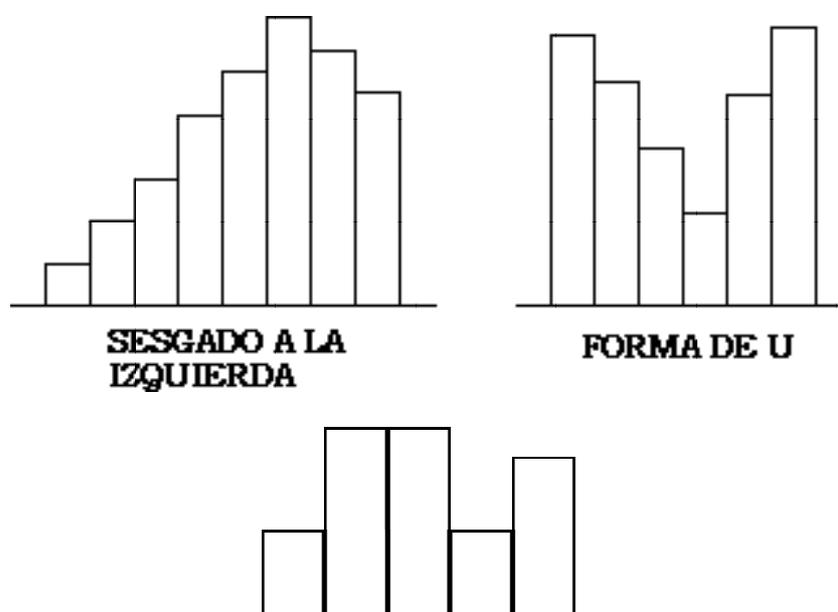


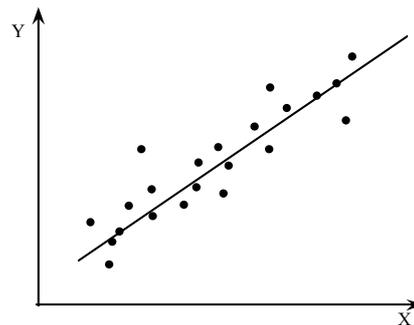
FIGURA 2.12 : TIPOS DE HISTOGRAMAS

2.3.1.6. Diagramas de dispersión

Un diagrama de correlación muestra la relación entre dos factores cambiantes. Mientras un factor aumenta su valor, el otro factor disminuye, aumenta o simplemente muestra un cambio. Una relación sólo puede ser descubierta mediante la comprensión del proceso y la experimentación diseñada. Esta técnica explora la relación entre una variable y una respuesta para probar la teoría de que una variable puede influir en la forma en que una respuesta cambia.

Ventajas:

- Proporciona la posibilidad de reconocer relaciones causa/efecto.
- Hace fácil el reconocimiento de correlaciones.
- Ayuda a determinar relaciones dinámicas o estáticas (de mediciones).
- Indica si dos variables (factores o características de calidad) están relacionados.

**FIGURA 2.13: GRÁFICA DE DISPERSIÓN****2.3.1.7. Diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto es una gráfica de barras que ilustra las causas de los problemas por orden de importancia y frecuencia (porcentaje) de aparición, costo o actuación.

El diagrama de Pareto permite además comparar la frecuencia, costo y actuación de varias categorías de un problema.

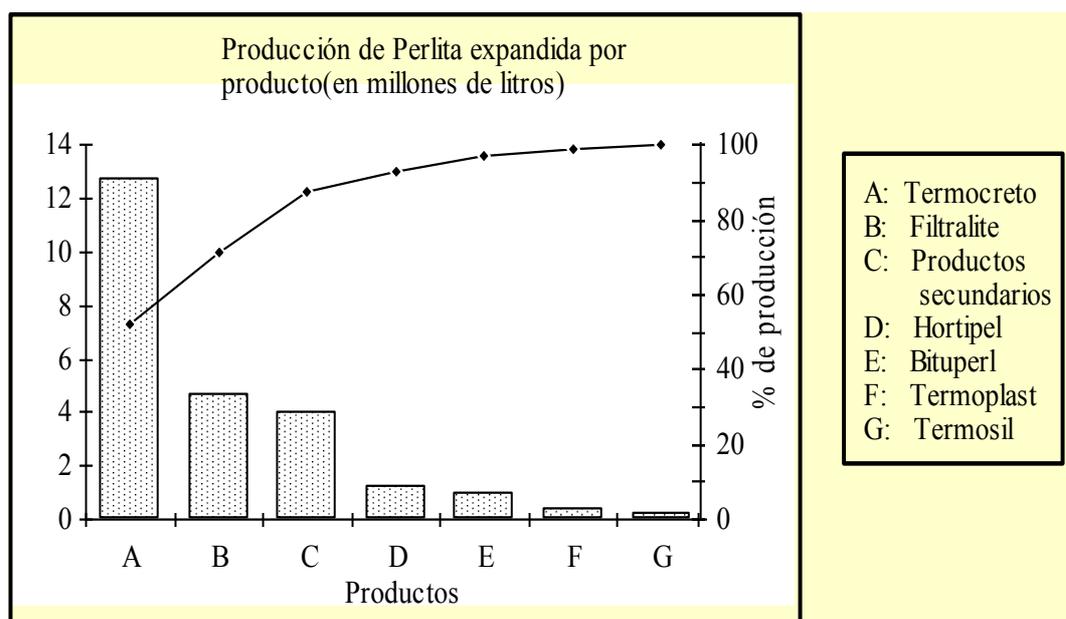


DIAGRAMA DE PARETO

Permite la comparación antes/después, ayudando a cuantificar el impacto de las acciones tomadas para lograr mejoras.

Promueve el trabajo en equipo ya que se requiere la participación de todos los individuos relacionados con el área para analizar el problema, obtener información y llevar a cabo acciones para su solución.

El diagrama de Pareto se utiliza también para expresar los costos que significan cada tipo de defecto y los ahorros logrados mediante el efecto correctivo llevado a cabo a través de determinadas acciones.

2.3.2. Estudio de tiempos y movimientos

El estudio de tiempos y movimientos es una herramienta para la medición de trabajo utilizado con éxito desde finales del Siglo XIX, cuando fue desarrollada por Taylor. A través de los años dichos estudios han ayudado a solucionar multitud de problemas de producción y a reducir costos.

ESTUDIO DE TIEMPOS: según el libro **Estudio de Tiempos y Movimientos**, de Niebel, Benjamin, AlfaOmega, un estudio de tiempos es actividad que implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables.

ESTUDIO DE MOVIMIENTOS: análisis cuidadoso de los diversos movimientos que efectúa el cuerpo al ejecutar un trabajo.

Objetivos:

- Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos, conservar los recursos y minimizar los costos
- Efectuar la producción sin perder de vista la disponibilidad de energéticos o de la energía
- Proporcionar un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad
- Eliminar o reducir los movimientos ineficientes y acelerar los eficientes

Ahora se mira sus principales características por separado.

Requerimientos: antes de emprender el estudio hay que considerar básicamente los siguiente

- Para obtener un estándar es necesario que el operario domine a la perfección la técnica de la labor que se va a estudiar.
- El método a estudiar debe haberse estandarizado

- El empleado debe saber que está siendo evaluado, así como su supervisor y los representantes del sindicato
- El analista debe estar capacitado y debe contar con todas las herramientas necesarias para realizar la evaluación
- El equipamiento del analista debe comprender al menos un cronómetro, una planilla o formato preimpreso y una calculadora.
- Elementos complementarios que permiten un mejor análisis son la filmadora, la grabadora y en lo posible un cronómetro electrónico y una computadora personal .
- La actitud del trabajador y del analista debe ser tranquila y el segundo no deberá ejercer presiones sobre el primero.

Tomando los tiempos: haciendo referencia a **Estudio de movimientos y tiempos en la administración**, Manual de la Ingeniería industrial hay dos métodos básicos para realizar el estudio de tiempos, el continuo y el de regresos a cero.

En el método continuo se deja correr el cronómetro mientras dura el estudio. En esta técnica, el cronómetro se lee en el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas están en

movimiento. En caso de tener un cronómetro electrónico, se puede proporcionar un valor numérico inmóvil.

En el método de regresos a cero el cronómetro se lee a la terminación de cada elemento, y luego se regresa a cero de inmediato. Al iniciarse el siguiente elemento el cronómetro parte de cero. El tiempo transcurrido se lee directamente en el cronómetro al finalizar este elemento y se regresa a cero otra vez, y así sucesivamente durante todo el estudio.

TABLA 9

ESTUDIO DE TIEMPOS CON CRONÓMETRO

TIPO DE LECTURA: VUELTA CERO

	Elementos	CICLOS							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Acercar la caja a la Banda Transportadora	8	7	9	9	8	7	9	9
2	Vaciado de la Caja sobre la Banda Transportadora	228	288	318	348	310	334	346	337
3	Etiquetado y llenado de la rejilla	270	252	150	152	132	176	158	146

4	Vaciado de la Rejilla a la Caja	6	7	6	13	7	5	6	8
5	Vaciado de la caja a la mesa de ensamble	2	3	2	3	2	2	2	5
6	Ensamble de la pieza	3	3	3	4	3	3	3	4
7	Llenado de la caja con la pieza ensamblada	294	228	240	214	228	246	234	228
		CICLOS							
Elementos		9	10	11	12	13	14	15	16
1	Acercar la caja a la Banda Transportadora	10	9	8	7	9	9	8	10
2	Vaciado de la Caja sobre la Banda Transportadora	328	332	210	210	222	222	210	222
3	Etiquetado y llenado de la rejilla	140	140	252	240	258	234	228	234
4	Vaciado de la Rejilla a la Caja	7	7	7	6	7	7	7	6
5	Vaciado de la caja a la mesa de ensamble	3	3	3	2	3	4	3	3
6	Ensamble de la pieza	4	3	3	4	3	4	4	4
7	Llenado de la caja con la pieza ensamblada	248	246	300	234	252	234	247	249

EL ESTUDIO DE MOVIMIENTOS

El estudio de movimientos acorde a **Estudio de Tiempos y Movimientos**, de M.E. Mundel, se puede aplicar en dos formas, el estudio visual de los movimientos y el estudio de los micromovimientos.

El primero se aplica más frecuentemente por su mayor simplicidad y menor costo, el segundo sólo resulta factible cuando se analizan labores de mucha actividad cuya duración y repetición son elevadas.

Dentro del estudio de movimientos hay que resaltar los movimientos fundamentales, estos movimientos fueron definidos por los esposos Gilbreth y se denominan Therblig's, son 17 y cada uno es identificado con un símbolo gráfico, un color y una letra O SIGLA:

Estos movimientos se dividen en eficientes e ineficientes así:

Eficientes o Efectivos

- De naturaleza física o muscular: alcanzar, mover, soltar y precolocar en posición
- De naturaleza objetiva o concreta: usar, ensamblar y desensamblar

Ineficientes o Inefectivos

- Mentales o Sentimentales: buscar, seleccionar, colocar en posición, inspeccionar y planear
- Retardos o dilaciones: retraso evitable, retraso inevitable, descansar y sostener.

2.3.3. Matriz de los 5 ¿por qué?

Según la Sociedad Latinoamericana para la Calidad, Los Cinco Por Qué es una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas para buscar posibles causas principales de un problema.

Durante esta fase, los miembros del equipo pueden sentir que tienen suficientes respuestas a sus preguntas. Esto podría resultar en la falla de un equipo en identificar las causas principales más

probables del problema debido a que el equipo ha fallado en buscar con suficiente profundidad.

La técnica requiere que el equipo pregunte “Por Qué” al menos cinco veces, o trabaje a través de cinco niveles de detalle. Una vez que sea difícil para el equipo responder al “Por Qué”, la causa más probable habrá sido identificada.

Método:

1. Realizar una sesión de Lluvia de Ideas normalmente utilizando el modelo del Diagrama de Causa y Efecto.
2. Una vez que las causas probables hayan sido identificadas, empezar a preguntar “¿Por qué es así?” o “¿Por qué está pasando esto?”
3. Continuar preguntando Por Qué al menos cinco veces. Esto reta al equipo a buscar a fondo y no conformarse con causas ya “probadas y ciertas”.
4. Habrá ocasiones en las que se podrá ir más allá de las cinco veces preguntando Por Qué para poder obtener las causas principales.
5. Durante este tiempo se debe tener cuidado de NO empezar a preguntar “Quién”. Se debe recordar que el equipo está interesado en el Proceso y no en las personas involucradas.

2.4. Selección de herramientas

Una vez investigadas todas las herramientas disponibles para utilizar dentro de este proyecto de investigación, se realizó una matriz de relación, en la cual se colocó en las columnas las herramientas, y en las filas las ventajas que poseen. Las herramientas que posean más ventajas serán las escogidas a utilizar.

TABLA 10

MATRIZ DE SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS

	Diagramas de Causa-Efecto	Planillas de Inspección	Gráficos de Control	Diagramas de Flujo	Histogramas	Gráficos de Pareto	Diagramas de Dispersión	Matriz de 5 porqués	estudio de tiempos y Movimientos
Analiza causa de los problemas	x							x	
Determina tiempos de producción									x
Prioriza actividades	x			X		x			
Identifica Problemas	x				x	x			
total	3			1	1	2		1	1

La matriz de relación dio como resultado las herramientas que serian más adecuadas utilizar, tales como el diagrama de causa y efecto, diagramas de flujo, histogramas, diagramas de pareto, la matriz de los 5 porqués y el estudio de tiempos y movimientos, se van a emplear para desarrollar apropiadamente el proyecto de investigación.

CAPÍTULO 3

En este capítulo se describirá la situación actual en la que se encuentra FC Construcciones, abarcando la situación del mercado, el área de producción, como se lleva a cabo el almacenamiento y manejo de materiales, y la estructura organizacional.

Además se realizara un análisis de capacidad y balanceo de línea, para así conocer la tasa de producción actual de la planta, y la capacidad de producción real.

Con estos análisis se conocerán los problemas que se encuentran presentes en la planta, con el fin de estudiarlos y darles una posible solución.

3.1 Diagnóstico de la situación actual de la empresa

Los procesos operativos y administrativos identificados por FC Construcciones, los cuales son Diseño del Producto, Producción, Compras, Ventas y Capacitación de Personal (ver ANEXO 1). Estos procesos están orientados a la fabricación bajo pedido y distribución de maquinarias para la zona agrícola, principalmente para la industria arrocera de la costa ecuatoriana.

Para el caso de FC Construcciones, los procesos inmersos se dividen en tres grandes grupos: Procesos estratégicos, operativos y de apoyo.

- Se conocerá como **proceso estratégico**, a todo aquel proceso que está vinculado al ámbito de las responsabilidades de la dirección y generalmente se desarrollan a largo plazo.

Como se observa en la figura 3.1, en FC Construcciones hay tres procesos estratégicos que son dirección del negocio, sistema de gestión de calidad y gestión de recursos.

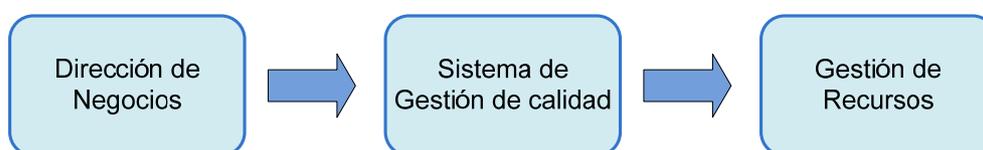


FIGURA 3.1: PROCESOS ESTRATÉGICOS

La dirección del negocio abarca toda actividad que envuelva la administración y planificación del negocio. Dentro de la dirección del negocio se encuentra también las actividades que desarrolla el representante de la dirección.

El sistema de gestión de calidad envuelve todos los procesos que ayudan al mantenimiento del sistema.

La gestión de recursos tiene como subprocesos a la gestión de recursos humanos y gestión de recursos financieros de la organización.

- Los **procesos operativos** son aquellos que están ligados a la realización del producto y/o servicio.

Como muestra la figura 3.2 los procesos operativos de FC Construcciones son diseño, compras, producción, montaje - arranque y servicio post venta.

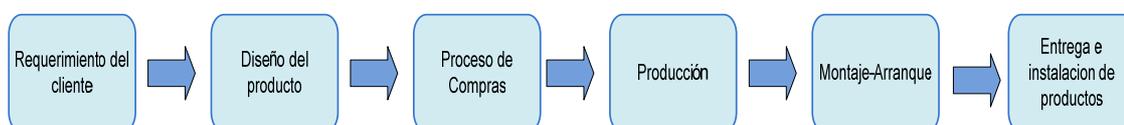


FIGURA 3.2: PROCESOS OPERATIVOS

Los procesos operativos tienen como factor desencadenante los requerimientos del cliente. Estos sirven de entrada para el proceso de diseño que es el responsable de transformar estos requerimientos en el producto que se elaborará en el proceso de compra.

Del proceso de diseño del producto, se obtiene como salida los materiales, que se necesitan para comenzar con la producción de la máquina, los que son el inicio del proceso de compra, en el cual se realizará la selección y evaluación de los proveedores.

Al finalizar este proceso se encuentra el almacenamiento de materia prima, proceso que dará comienzo al proceso de producción. El proceso de producción, es el responsable de la elaboración de la máquina. Cuando el proceso de producción termina, empieza el proceso de montaje-arranque, el cual envuelve la transportación del producto hacia el cliente y a la vez es el responsable de la revisión de la correcta instalación y fabricación de la maquinaria.

Cuando finaliza este proceso el cliente vuelve a ser partícipe dando su aprobación o reprobación de las características de la maquinaria. Si el cliente, define que la máquina no cumple con algún

requerimiento solicitado esto desencadenará una retroalimentación que será manejada por el proceso de servicio post venta, el que también manejará los servicios de mantenimiento.

- Los procesos de apoyo son procesos que dan soporte a los procesos operativos, la figura 3.3 muestra los procesos de apoyo involucrados:



FIGURA 3.3: PROCESOS DE APOYO

Debido a que las mayores falencias se encuentran en los procesos operativos este proyecto está orientado a la búsqueda de las soluciones de los problemas encontrados enfocándose en el proceso de Producción.

Descripción de los productos

La diversidad de los productos construidos en FC Construcciones es muy amplia y trabajan diseñando maquinaria metalmecánica de acuerdo a las especificaciones de cada cliente. Algunas de las principales maquinarias que construye son:

- Elevadores
- Envejecedoras
- Bandas transportadoras
- Ventiladores de doble oído
- Quemadores de cascarillas
- Tolvas
- Silos
- Ciclones

A partir de datos obtenidos de los 6 últimos meses que han transcurrido, se puede observar en la figura 3.4 que alrededor del 80% de las ventas está concentrada en la elaboración de equipos de elevadores, envejecedores de arroz y quemadores de cascarillas.

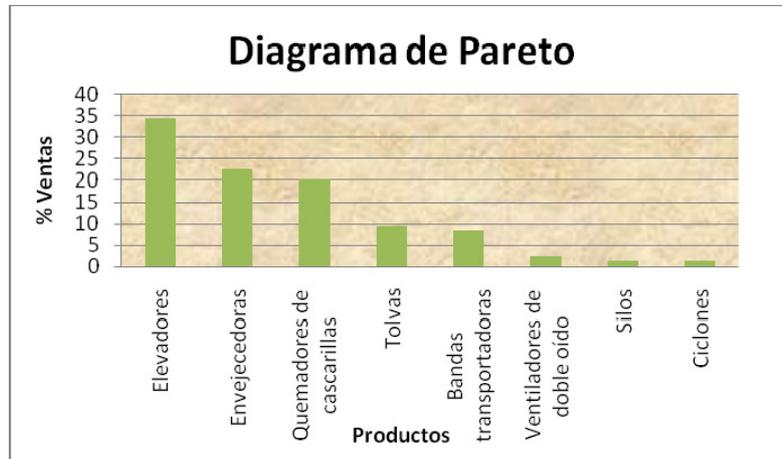


FIGURA 3.4: DIAGRAMA DE PARETO DE LOS PRODUCTOS

Debido a que en estos tres productos se concentran el 80% de las ventas totales, se procederá a un exhaustivo análisis de sus procesos de fabricación, maquinaria involucradas en los mismos, materiales requeridos, tiempos de fabricación y entrega.

BOM (BILL OF MATERIALS)

F.C. Construcciones se basa en diseños según el requerimiento y especificaciones técnicas de los clientes, por lo que su producción es variable, para realizar la lista de materiales se estandarizan los pedidos más frecuentes en cuanto a maquinarias del sector agrícola y a piezas del sector industrial. De esta forma se puede visualizar los materiales usados y su forma de trabajo, además se puede identificar los productos comprados y fabricados. Ver anexos 2, 3, y 4, para un mejor detalle de la lista de los materiales utilizados en la fabricación de envejecedores de arroz, elevadores y quemadores de cascarilla.

En la siguiente figura se puede observar los principales materiales que constituyen a las máquinas envejecedores de arroz. Los principales materiales son: Planchas, chumaceras, perfiles, piñones y ejes de transmisión.

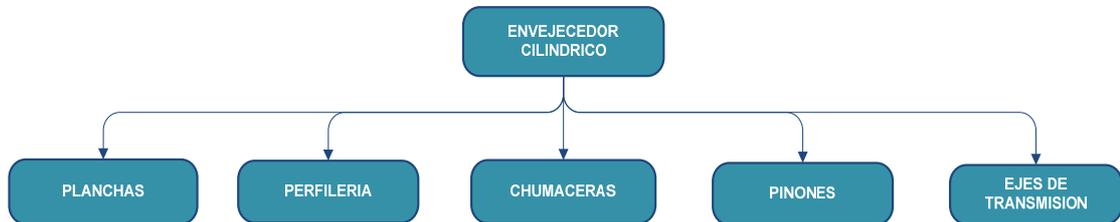


FIGURA 3.5: BOM DE ENVEJECEDORES DE ARROZ

Entre los principales elementos que conforman a los elevadores se puede mencionar el cabezal y bota que estos a la nacen a partir de perfiles y planchas, por otro lado se tiene la canilla que está constituida por chumaceras, motores, bandas, planchas, perfiles y poleas como se observa en la figura.

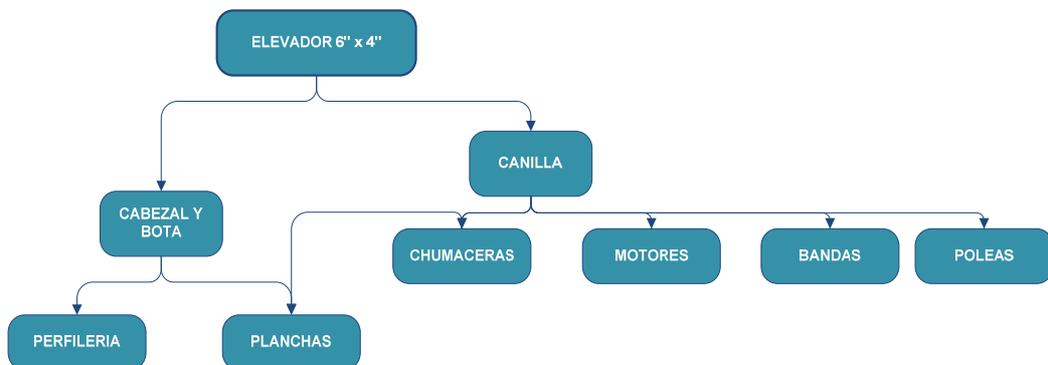


FIGURA 3.6: BOM DE ELEVADORES

Así mismo se obtiene la lista de los principales materiales que conforman los quemadores de cascarilla, como se ve en la figura 3.7 estos son:

Planchas, perfiles, hierro fundido, chumaceras, ejes de transmisión y motores.



FIGURA 3.7: BOM DE QUEMADORES DE CASCARILLAS DE ARROZ

Con las listas de materiales se da inicio al proceso de compras el cual se describe en la siguiente figura

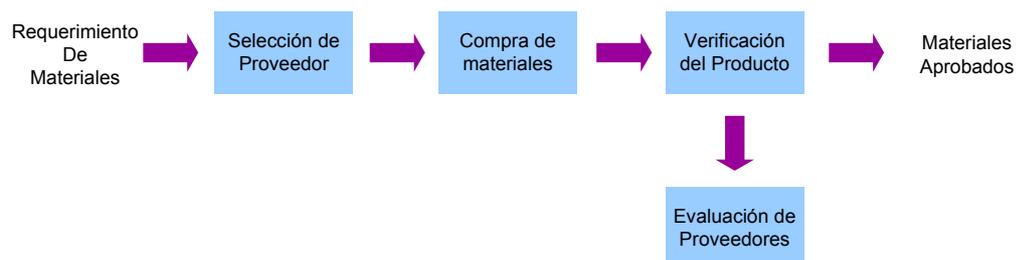


FIGURA 3.8: PROCESO DE COMPRAS

El proceso de Compras inicia con la entrada del requerimiento de materiales que es una salida del proceso de Diseño. Se obtiene la cantidad y las características de todo lo que va a ser necesario para la construcción de la máquina.

Luego se procede a la compra utilizando a los proveedores seleccionados según los criterios de la empresa. El proceso de selección de proveedores es una de las partes más importantes del proceso de compras. El propósito de la selección de proveedores, es el de establecer los requisitos que deben cumplir las empresas proveedoras. Se elabora una lista de estas empresas y son a las que se solicita cotizaciones.

La decisión para seleccionar proveedores se basa en ciertas características:

- Legalidad del proveedor
- Materiales que distribuye
- Garantía de los productos
- Servicios que preste
- Descuentos

En la siguiente tabla (ver TABLA 11) se observa un listado de los principales proveedores calificados por FC Construcciones:

TABLA 11
LISTA DE PROVEEDORES

PROVEEDORES FC CONSTRUCCIONES					
	Materiales		Materiales		
Dipac	Tubos cuadrados 60x2mm	Geroneto	Varillas		
	Planchas SE 1.1 mm H/N		Ángulos		
	Vigas UPN		Planchas		
	Ángulos laminados, ángulos DOBL. 50X4MM		Platinas 30x6mm		
	Tubos galv. Red. De 1 1/4 e=2mm		Vigas UPN		
	Dipanel en 035mm caballetes y tornillos		Planchas antideslizantes		
	Oxicortes 30mm		Correas 100x50x2mm		
	Rieles 25x2mm	Ipac	Ángulos laminados 50x6		
	Planchas antides. 2.5mm		Tubos galvanizados > 75x75x3mm		
	Correas 150x50x15x2mm		Canales 150x3mm		
	Platinas 30x6mm		Planchas galv. De 1.4mm		
	Promesa		Pernos	MAQ. HENRIQUES	Acople lovejoy y cauchos
			Anillos		Poleas
			Machuelos		Reductor mhl 20/2 27.4/1
Motores trifásico		Piñón 50bx10t			
Lijas		Nylon est. 310 80mm.			
Discos		Bronce fosfórico			
Brocas		Cadenas			
Gafas		HIVIMAR	Rodamientos		
Mascarillas			Soportes		
Cinta			Mangueras		
Clavos			Elementos		
Esmeriladora d28402		Retenedores			

PROVEEDORES FC CONSTRUCCIONES			
	Materiales		Materiales
Ferretería Casanova	Pernos	Metales Hidalgo	Rodamientos
	Brocas		Brocas
	Varillas		Chisperos
	Cables y grilletes		Pernos
	Anillos		Acero cuña
	Pernos expansión		Varilla roscada
	Codos y tornillos		Loctite
	Abrazaderas		Bronce hexagonal
	Cadenas	Acerimallas	Planchas expandidas
	Tuercas		Planchas perforadas alargadas
Templadores	Módulo e=4 1000x1800mm		
Ferrotorre	Planchas galv. De 1.4mm	Ivan Bohman	Motorreductor
	Correas		Aceros de transmisión
	Canales		Barras perforadas y chumaceras
	Angulos		Acero herramienta y soldaduras

3.1.1 Situación actual del mercado

Para un análisis de mercado se requiere tener conocimientos sobre el ámbito en el que se va a desarrollar el producto elaborado, para esto se necesita identificar el mercado objetivo de los productos. Según las indicaciones se conoce que FC construcciones cubre dos grandes sectores:

- Sector Agrícola: la empresa participa con un 4% en este sector.
- Sector Industrial: Con una participación del 3% de la fabricación de sus productos para este sector.

FC Construcciones cuenta con aproximadamente 15 clientes fijos, del sector arrocero. El costo de las máquinas oscila entre \$1500 y \$25000 dependiendo de los requerimientos del cliente y para que va a ser utilizadas.

Según las máquinas construidas y las mecanizaciones realizadas la empresa tiene un ingreso promedio anual de \$350000.

Entre los principales clientes de la empresa se nombra una lista, donde se encontrará empresas del sector agrícola (arroceras) e empresas del sector industrial.

La tabla que se muestra a continuación contiene información, de los meses de enero a junio del 2009, sobre los principales clientes de la empresa y el porcentaje de consumo que representan.

TABLA 12
VENTAS A CLIENTES DE ENERO/09 A JUNIO/ 09

CLIENTES	TOTAL VENTAS	Porcentaje de ventas	Porcentaje acumulado
AGRICAMPO S.A.	\$150,000.00	36.59%	36.59%
PLACAS DEL SUR	\$68,702.40	16.76%	53.34%
INDUREY	\$38,544.48	9.40%	62.74%
INDUSTRIAS DACAR	\$28,120.40	6.86%	69.60%
FUNDAMETZ S.A.	\$26,613.80	6.49%	76.09%
INARROMESA	\$24,351.20	5.94%	82.03%
ARROCESA S.A.	\$21,384.20	5.22%	87.25%
AGRIVIB S.A.	\$18,644.00	4.55%	91.80%
MEGA INGENIERIA S.A.	\$9,884.00	2.41%	94.21%
MANUEL VILLAREAL	\$7,840.00	1.91%	96.12%
DIORT	\$7,395.20	1.80%	97.92%
FERMIN BAJADA ROMAN	\$6,702.40	1.63%	99.56%
ECUASTEEL	\$900.00	0.22%	99.78%
PORTIARROZ	\$900.00	0.22%	100.00%
ALIMENTOS BALANCEADOS DEL ECUADOR S.A.	\$17.92	0.00%	100.00%
TOTAL	\$410,000.00	100.00%	

Se puede observar que los principales clientes de la empresa, es decir los que representan el 82.03% de los ingresos se concentran en 6 clientes:

AGRICAMPO S.A., PLACAS DEL SUR, INDUREY, INDUSTRIAS DACAR, FUNDAMETZ S.A., e INARROMESA.

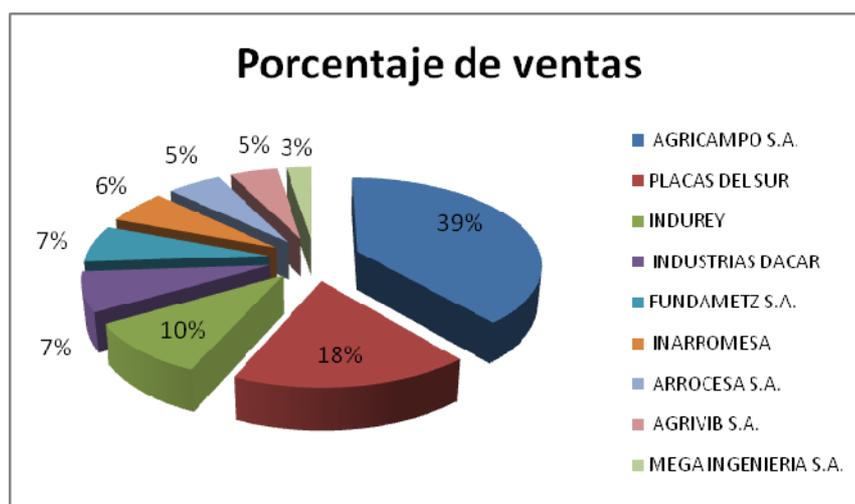


FIGURA 3.9: Pastel de Porcentaje de Ventas

En este gráfico se puede apreciar claramente que el cliente líder es AGRICAMPO S.A., el cual tiene el 39% del consumo de los productos. Le sigue con un 18% PLACAS DEL SUR, y a continuación los demás clientes.

OFERTA

Basándose en datos históricos de Enero a Junio del 2009, se pudo conocer la oferta actual de FC Construcciones. Dicha oferta está dada por

el número de proyectos que se llevaron a cabo y se concluyeron cada mes.

TABLA 13
PROYECTOS REALIZADOS DE ENERO/09 A JUNIO/09

MES	PROYECTOS REALIZADOS
ENERO	6
FEBRERO	5
MARZO	4
ABRIL	5
MAYO	4
JUNIO	3
TOTAL	28
MEDIA	5

La tabla muestra que en el período de Enero a Junio del 2009, se elaboraron 28 proyectos, teniendo a Enero como el mes en que se realizó más proyectos, y Junio como el mes más bajo en producción. En promedio se realizaron 5 proyectos por mes.

COMPETENCIA

Dentro de la industria metalmecánica existe una gran competencia, así que la mejor arma es la calidad y durabilidad que la empresa ofrece a sus clientes. A continuación se nombre a cuatro de sus mayores competidores:

TABLA 14
PRINCIPALES COMPETIDORES

COMPETENCIA	MERCADO	
	AGRICOLA	INDUSTRIAL
Agroindustrial Metagro S.A.	30%	1%
Metalmecánica INEM S.A.	5%	46%
Mega Ingeniería S.A.	32%	40%
Metálicas METFOR CIA LTDA.	20%	2%
FC Construcciones	4%	3%
Otros	9%	8%

La empresa que posee mayor participación en el mercado es Mega Ingeniería S.A. con un 31%, siendo las empresas industriales su mayor enfoque. Siguiendo así con un 24% la metalmecánica INEM, cuyos mayores clientes son el sector industrial.

FC. Construcciones abarca el 7% del mercado objetivo, concentrando sus ventas en el sector agrícola con un 5%, y un 4% en el sector industrial.

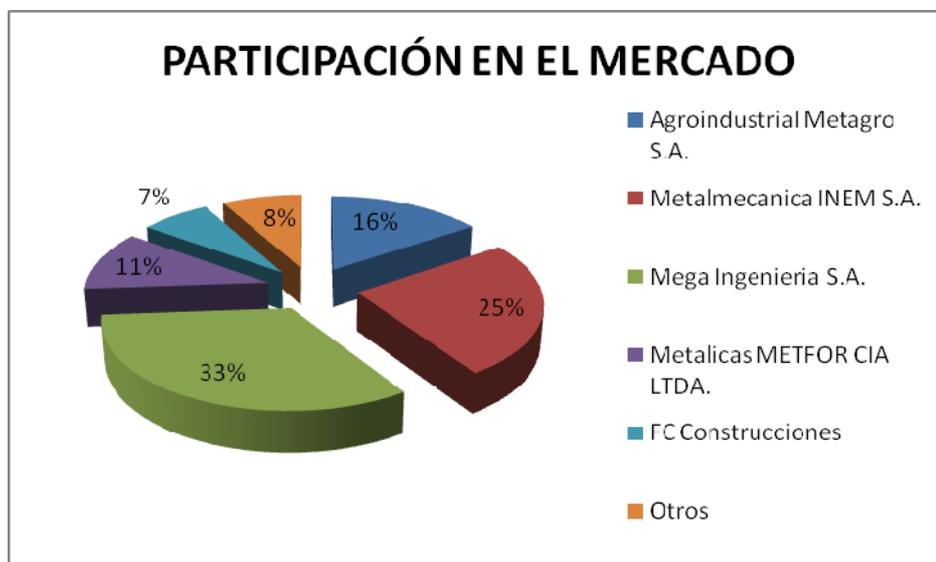


FIGURA 3.10: Pastel de Principales competidores

Con el gráfico presentado anteriormente, se puede tener una mejor explicación y visualización de las empresas que son más fuertes que FC Construcciones, a nivel nacional.

DEMANDA

Se conoce que del 100% del mercado consumidor de maquinaria agroindustrial, las empresas productoras de arroz, el 41.67% de estas empresas se localizan en la provincia del Guayas, mientras que el 58.33% pertenecen a la provincia de Los Ríos, debido a esto la

demanda de maquinaria agroindustrial a utilizar en este proyecto se centrará en la provincia de Los Ríos.

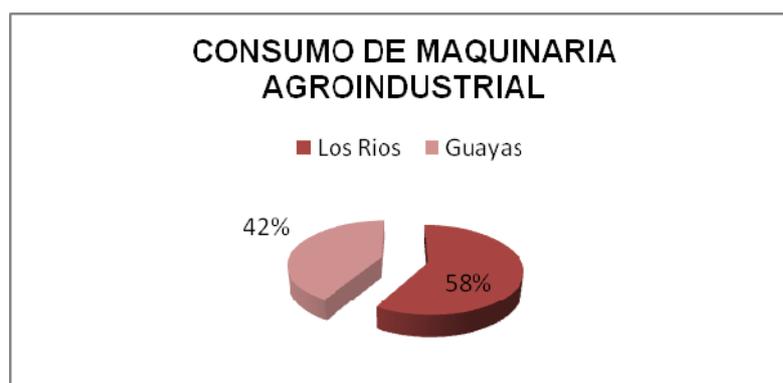


FIGURA 3.11: Demanda de maquinaria industrial en Los Ríos y Guayas.

El gráfico muestra que la mayoría de las empresas productoras de arroz están localizadas en la provincia de Los Ríos.

Capacidad Actual y Mercado Insatisfecho

Mediante datos obtenidos a través del **SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA** del **MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DEL ECUADOR**, se pudo conocer la demanda y la oferta de maquinaria agroindustrial, en el periodo de Enero a Junio del 2009, las cuales se muestran en la tabla a continuación.

TABLA 15
DEMANDA, OFERTA Y MERCADO INSATISFECHO DE ENERO A JUNIO /09

MES	DEMANDA	OFERTA	MERCADO INSATISFECHO
ENERO	99	80	19
FEBRERO	79	66	13
MARZO	94	53	41
ABRIL	89	66	23
MAYO	80	53	27
JUNIO	75	40	35
TOTAL	516	359	157
MEDIA	86	60	26
DE	9	14	10

Se puede observar que la demanda total de este periodo es de 516 proyectos, y lo que ofrece el mercado es de 359 proyectos, como la demanda es mayor a la oferta por ende existe un mercado insatisfecho, que en este caso es de 157 proyectos que no se pudieron realizar.

3.1.2 Situación actual de Producción

Para poder comprender claramente el proceso productivo de los principales productos de FC Construcciones, se lo explicará por medio de un gráfico de flujo de procesos. En el mismo se detalla que tipo de operación se realiza en cada etapa del proceso, como se realiza y que máquinas se emplean.

El proceso productivo empieza con el diseño de la maquinaria a realizar, y termina en el montaje de la maquinaria en el lugar en el que va a ser operada.

FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO						
Ubicación: Km 12 1/2 via a daule				Resumen		
Actividad: Elaboracion de Elevadores, Quemadores y envejecedores de arroz				Actividad		Actual
				Operación		13
				Transporte		2
				Demora		
				Inspección		
Analista: Krystel Mendoza, Andrea Ordonez				Almacenaje		
Método: Actual		Tipo: Productos				
Descripción de la actividad		Símbolo		Desperdicio	Método Actual	Maquinas usadas
Diseno del proyecto a realizar		○ →	D □	▽	Se disenar las estructuras y piezas de la maquinaria.	
Transportar los materiales al area de fabricacion		○ →	D □	▽		Carrito Transportador
Torneado de las piezas		○ →	D □	▽	2.20%	Se maquina piezas de revolucion, se realiza el cilindrado, roscado y mandrilado. Tornos
Corte de piezas		○ →	D □	▽	3.70%	Segmentación o configuración geométrica básica de láminas, rollos, tubos, perfiles, ángulos, varillas Tronzadoras Sierras Plasmás
Rolado		○ →	D □	▽		Se realiza una deformación de las piezas por medio de presión para darle una forma cilíndrica a las láminas galvanizadas Roladora
Doblado		○ →	D □	▽		Se realiza en la pieza quiebres, por medio de presión Dobladora
Ensamble		○ →	D □	▽		
Subprocesos						
Pulido		○ →	D □	▽		Se le da acabado y se reduce las proyecciones Pulidoras
Soldadura		○ →	D □	▽		Se unen dos o más piezas de forma rígida a través de la fusión del mismo metal Soldadora
Cepillado		○ →	D □	▽	1.30%	Es para dar acabado a las superficies planas y para cortar ranuras y surcos Cepillo
Taladrado - Fresado		○ →	D □	▽	0.90%	Se utiliza para dar acabado a superficies planas y para maquinar dientes de engranajes y ranuras
Prensado		○ →	D □	▽		Prensa Hidraulica
Pintado		○ →	D □	▽		Pintura convencional con aire comprimido a alta o baja presión Compresor de aire
Transporte a montaje		○ →	D □	▽		
Montaje		○ →	D □	▽		La transportación del producto hacia el cliente y el establecimiento de las maquinas en la ubicación final designada por el cliente

En esta tabla se detallara qué máquinas se utilizan para cada proceso, además del número de máquinas disponibles así como la cantidad de operarios que las operan.

TABLA 16

MAQUINARIA Y OPERARIOS UTILIZADOS POR PROCESO

Área	Proceso	Número de Máquinas	Número de Operarios	Máquinas Utilizadas
TORNO	TORNADO	1	1	TORNO BD-1340
		1	1	TORNO MASCUT MA-1860
		1	1	TORNO BD-1340
CORTE	CORTADO	5	2	TRONZADORAS
		1	1	PLASMA HYPERTHERM POWERMAX 1000
		1	1	PLASMA Powermax30
		1	1	MILLER SPECTRUM 375
ROLADO	ROLADO	1	1	ROLADORA
DOBLADO	DOBLADO	1	1	DOBLADORA
ENSAMBLE	PULIDO	7	1	PULIDORA
	SOLDADURA	3	1	SOLDADORA MIG TH225
		2		SOLDADORA LINCOLN AC-225
		2		SOLDADORA CEBORA MIG 3840
	CEPILLADO	1	1	CEPILLO
	TALADRADO - FRESADO	1	1	TALADRO-FRESADOR
	PRENSADO	2	1	PRENSA HIDRÁULICA
PINTURA	PINTADO	3	1	COMPRESOR CAMPBELL HAUSFELD VT6195
	TOTAL	17	16	

De acuerdo a la tabla de máquinas y operarios, se obtuvo que actualmente existen en la planta 16 operarios trabajando en producción, operando 17 máquinas. Más adelante se realizará un balanceo de línea para conocer si el número de operarios es el adecuado para el número de máquinas existentes.

3.1.3 Situación actual de Almacenamiento y Manipuleo de materiales

Almacenamiento de materiales

Actualmente la planta de FC construcciones cuenta con tres bodegas independientes.

- Existe una bodega de 15.45 x 14.50 m, en la que se almacena la materia prima de gran tamaño como: planchas, perfiles, ángulos, láminas, tubos, etc., esta bodega es de libre acceso y se encuentra abierta, solo cuenta con un techo de protección para evitar daños por exposición al medio ambiente.
- Para almacenar la materia prima de menor tamaño existe otro espacio asignado de 8.30 x 4.35 m, en la cual se almacena materia prima como: tornillos, tuercas, además de insumos, y a esto se le suma el

almacenamiento de los motores. Esta bodega se encuentra cerrada debido al valor económico que representa su contenido.

- En la última bodega, la cual es aun de menor tamaño que las anteriores, 8.10 m x 6 m se almacenan tarros vacíos de pinturas, partes pequeñas de máquinas acabadas, etc. En esta bodega se almacena cualquier tipo de material.

Cualquier otro material que se necesite para la fabricación de un producto especial se lo hace bajo pedido.

Analizando la situación actual del almacenamiento de los materiales se pudo sacar las siguientes conclusiones:

- No poseen una política de inventario
- No tienen un control de entrada y salidas de los productos almacenados
- No se realizan auditorías
- No tienen un equipo adecuado para el manipuleo de materiales ni las seguridades necesarias
- No tiene un acceso adecuado para el despacho y recepción de materiales.

- La ubicación de los materiales en la bodega es de forma aleatoria sin orden alguno
- No hay ningún tipo de flujo, debido a que el espacio es pequeño.

Conociendo todas estas falencias se pueden recomendar soluciones apropiadas, para así optimizar el uso de los espacios asignados como bodegas.

Manipuleo de materiales

Unidad de carga

Se consideran como unidades de carga, a parte del equipo de transporte que sea adecuado para la unitización de mercaderías que deban ser transportadas y que permita su movimiento completo durante el recorrido y en todos los medios de transporte utilizados.

También permite el mejor uso del espacio, minimizar movimientos, dar ubicación a los productos, proveer un ambiente seguro. En la bodega de FC Construcciones se necesita una alta variedad de materiales que difieren en tipo, tamaño, etc. razón por la cual la carga unitaria depende únicamente del material.

Equipos de manipuleo

El manejo de materiales dentro de la planta se da en su totalidad en forma manual, no cuentan con los equipos necesarios para facilitar su manipuleo y traslado.

Solo se cuenta con un carrito transportador, que ellos mismos alaboran, el cual se utiliza para el traslado de planchas, motores, láminas, acero de transmisión, poleas, es decir material muy pesado.

A continuación se muestra una tabla en la cual se detalla el método de transporte que se utiliza para el traslado y manipuleo de los materiales.

TABLA 17
MANIPULEO DE MATERIALES

MATERIAL	MÉTODO DE MANIPULEO	EQUIPO DE MANIPULEO
Acero de transmisión	Manual	CARRITO TRANSPORTADOR
Planchas	Manual	CARRITO TRANSPORTADOR
Perfiles	Manual	NO EXISTE
Ángulos	Manual	NO EXISTE
Tubos	Manual	NO EXISTE
Varillas	Manual	NO EXISTE
Correas	Manual	NO EXISTE
Láminas	Manual	CARRITO TRANSPORTADOR
Motores	Manual	CARRITO TRANSPORTADOR
Discos	Manual	NO EXISTE

Bandas	Manual	NO EXISTE
Poleas	Manual	CARRITO TRANSPORTADOR
Chumaceras	Manual	NO EXISTE
Tornillos, tuercas	Manual	NO EXISTE
Pinturas	Manual	NO EXISTE

Como se había mencionado solo existe un carrito transportador, el cual es elaborado en las instalaciones de FC construcciones el mismo que se lo usa para el transporte de materiales muy pesados como acero de transmisión, planchas, laminas, motores y poleas. Cabe recalcar que el carrito transportador no cuenta con las seguridades adecuadas, poniendo en riesgo constantemente la seguridad de los trabajadores.

Análisis de movimientos

Para el análisis de movimientos del proceso se consideraron los flujos de movimientos de materiales, sean estos materia prima, producto en proceso y producto terminado.

A continuación se muestra la Carta From-To, en la cual se detalla la cantidad de movimientos que se requieren para movilizar el producto de una estación a otra. Cada estación representa una etapa del proceso, así como también alguna de las bodegas. Es necesario mencionar que no

existen movimientos entre las bodegas, debido a que el producto en proceso no es trasladado entre bodegas, y tampoco existen movimientos entre algunas estaciones, como por ejemplo ciertas piezas solo necesitan el proceso del torneado y luego de eso pasan directamente a ensamble, es por eso que no se registran movimientos entre dichas estaciones.

TABLA 18
CARTA FROM -TO

CARTA FROM - TO									
	BMP 1	BMP 2	Torno	Corte	Rola	Dobladora	Ensamble	Pintura	BD
BMP 1	--	X	38	53			94	155	
BMP 2		--	43	47	61	63	65		
Torno			--				80	160	
Corte				--	55	57	59	99	
Rola					--		2	63	
Dobladora						--	2	61	
Ensamble							--	59	
Pintura								--	71
BD									--

A continuación se muestra una tabla resumen, donde se detallan la cantidad de movimientos totales que se dan entre cada estación.

TABLA 19
RESUMEN DE MOVIMIENTOS

	No. MOV
BMP 1 - TORNO	38
BMP 1 - CORTE	53
BMP 1 - ENSAMBLE	94
BMP 1 - PINTURA	155
BMP 2 - TORNO	43
BMP 2 - CORTE	47
BMP 2 - ROLA	61
BMP 2 - DOBLADORA	63
BMP 2 - ENSAMBLE	65
TORNO - ENSAMBLE	80
TORNO - PINTURA	160
CORTE - ROLA	55
CORTE - DOBLADORA	57
CORTE - ENSAMBLE	59
CORTE - PINTURA	99
ROLA - ENSAMBLE	2
ROLA - PINTURA	63
DOBLADORA - ENSAMBLE	2
DOBLADORA - PINTURA	61
ENSAMBLE - PINTURA	59
PINTURA - BD	71

La realización de la carta From – to servirá más adelante para la elaboración del diseño de la distribución de la plata por el método SPL.

3.1.4 Situación actual Organizacional

Actualmente la empresa FC Construcciones cuenta con aproximadamente 37 empleados entre operarios de producción, operarios de montaje, jefes de bodega, montaje y producción, choferes, y personal administrativo.

PERSONAL DE PLANTA

Jefe de Producción: se encarga de la puesta en marcha de los proyectos. Además de que el producto se termine a tiempo para el montaje. Es responsable de motivar a los operarios para que cumplan su trabajo. Se reporta al Gerente Administrativo.

Operario de Torno: son operarios especializados en manejo del torno. Realizan la manufactura de todas las piezas que se llevan a cabo en el torno. Existe un Maestro de torno y oficiales de Torno. Se reportan al Jefe de Producción.

Operario de Producción: son los encargados de realizar los distintos procesos de manufactura por los que pasa la materia prima para ser convertido en producto terminado. Existen 6 maestros de Producción y oficiales de producción. Se reportan al Jefe de Producción.

Operario de Pintura: son los que están a cargo del proceso de pintado a todas las piezas una vez terminadas, antes del montaje. Existe un maestro de pintura y oficiales de pintura. Se reportan al Jefe de Producción.

Jefe de Montaje: Es el encargado de dirigir, controlar, y motivar a los operarios para que realicen el montaje de las maquinarias. Se reporta al Gerente Administrativo.

Operario de Montaje: son los encargados de realizar el proceso de montaje. Se reportan al Jefe de Montaje.

Jefe de Bodega: tiene bajo su responsabilidad el correcto funcionamiento de las bodegas, para evitar pérdidas. Además mantiene un control del producto, o insumos que se encuentra dentro de las bodegas. Se reporta al Gerente Administrativo.

Bodegueros: Se encarga de recibir el producto o materia prima, de mantener siempre el producto disponible para su uso, y organizar el producto en las bodegas. Se reporta al Jefe de Bodega.

PERSONAL ADMINISTRATIVO

Gerente General: Sobre este recae la responsabilidad de los demás departamentos, y es el encargado de emitir informes a los socios, así como ayudar a tomar las decisiones de la empresa y representar legalmente a la empresa.

Gerente Administrativo: es el encargado de dirigir y controlar todas las actividades administrativas que surjan en los demás departamentos, sirve de apoyo al Gerente General. Así como la de diseñar, estructurar y llevar a cabo los proyectos.

Gerente Financiero: es el encargado de llevar todas las finanzas de la empresa, realizar auditorías semestrales del área de contabilidad, elaborar presupuestos conjuntamente con los gerentes de los demás departamentos, revisar declaraciones de impuestos, ya que será el responsable de los mismos. Emitir un informe financiero mensual al gerente general

Contadora: es la responsable de que se lleven correctamente los registros de contabilidad y sus respaldos. De la preparación de los

informes financieros y estadísticos que sean necesarios. Se reporta al Gerente Financiero.

Asistente Contable: La asistente contable se encarga de todo el registro y cargado en el sistema de todos los movimientos contables de la empresa, libro caja, registro de ventas, registro de compras, planillas, trámites tributarios, etc.

Asistente de Diseño: es el encargado de elaborar los diseños de la maquinaria a realizar.

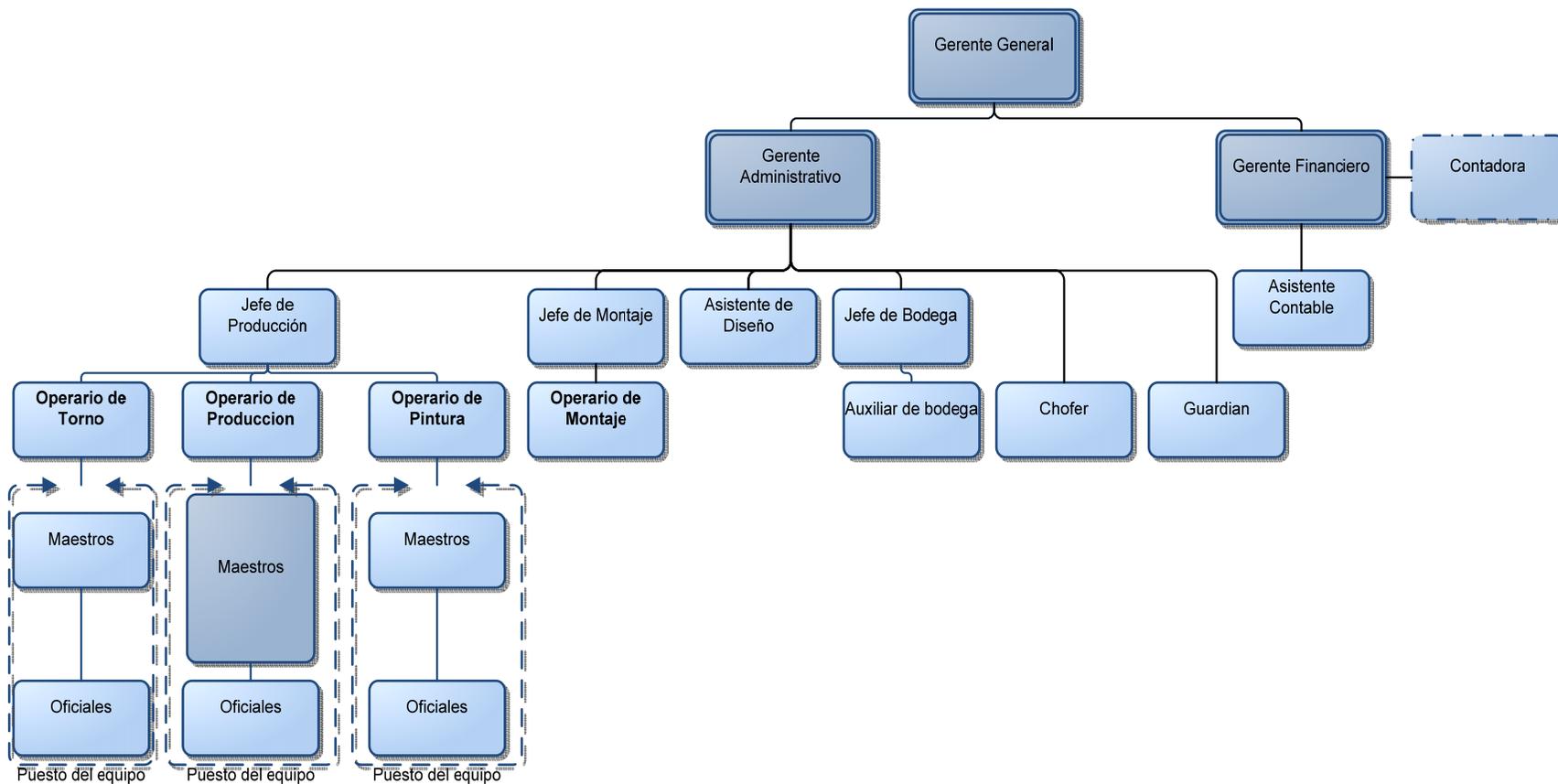
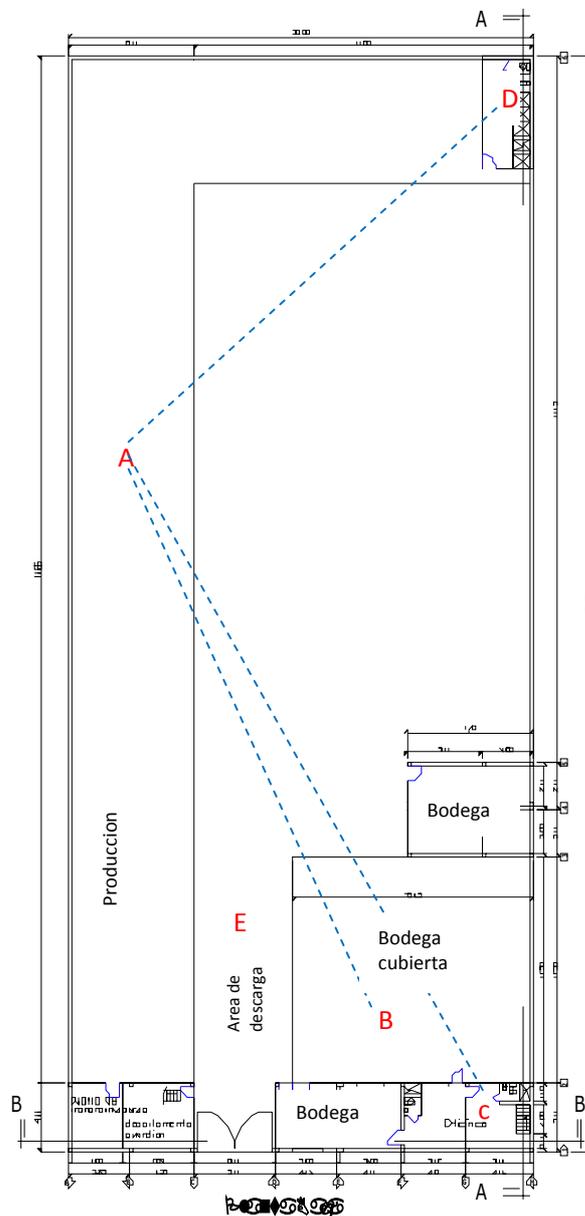


FIGURA 3.12: DIAGRAMA ORGANIZACIONAL

3.2 Distribución actual de la planta



PLANO 1: DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE LA PLANTA

En el plano se puede observar claramente que:

- No existe el área de comedor.
- El área de producción (punto A) queda muy distante de las bodegas (punto B).
- El tamaño de las bodegas es reducido.
- La administración (punto C) está alejada de la línea de producción (punto A) a una distancia de 106.5 m entre dichas áreas.
- Los baños (punto D) se encuentran a una distancia 96.32 m del área de producción (punto A).
- El área de descargas es muy pequeña (punto E).
- Existe mucho espacio disponible para usar.

3.3 Verificación de las Necesidades de la Planta

Con el fin de obtener una visión más clara de las necesidades de la planta, se realizará un análisis de capacidad, el cual servirá para conocer la capacidad de producción real de la planta, a esto se le suma un balanceo de línea con el fin de conocer si la cantidad de operarios asignados a cada máquina es la adecuada para que la planta funcione a su máxima capacidad.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD

A partir de datos históricos de los últimos seis meses se puede concluir que el mercado que no logra abarcar la industria metalmecánica es de 157 proyectos que no se logran llevar a cabo, (ver Tabla 15) a esto se lo llama **mercado insatisfecho**.

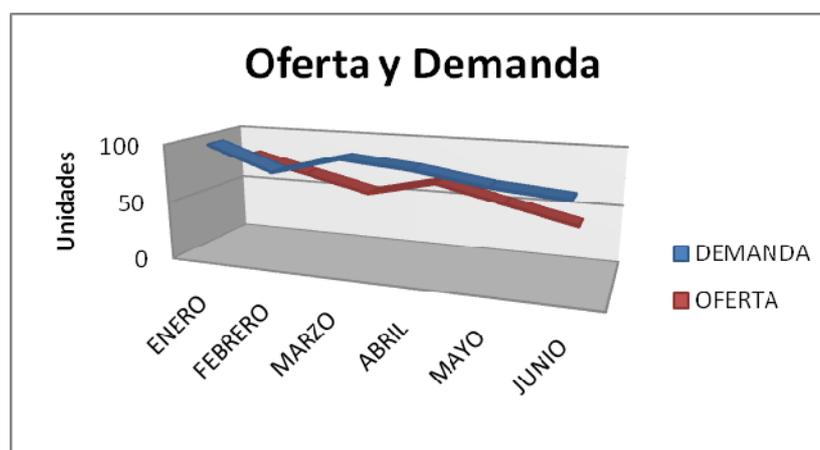


FIGURA 3.13: OFERTA Y DEMANDA DE ENERO A JUNIO/09

De este mercado insatisfecho, para poder calcular el porcentaje de mercado que se quiere cubrir se utilizarán datos de los últimos 7 años, con lo cual se obtuvo que FC Construcciones tiene como propósito cubrir el 40%, en los próximos 5 años.

Y para los 5 años posteriores una proyección de crecimiento del 45%.

TABLA 20
PROYECCIÓN DE PRODUCCIÓN A 10 AÑOS

	AÑO	PROYECTOS
DATOS HISTÓRICOS	2003	15
	2004	19
	2005	30
	2006	28
	2007	33
	2008	30
	2009	41
PROYECCIÓN 5 AÑOS	2010	43
	2011	46
	2012	50
	2013	54
	2014	57
PROYECCIÓN 10 AÑOS	2015	61
	2016	65
	2017	68
	2018	72
	2019	76

La tabla muestra la proyección de producción de los próximos 10 años, lo cual indica un crecimiento de casi el 85%, esto quiere decir un crecimiento anual aproximado del 9%.



FIGURA 3.14: PROYECCIÓN DE PRODUCCIÓN A 10 AÑOS

Con los datos obtenidos de demanda, oferta, mercado insatisfecho, y costos de maquinarias se realizará un análisis de la capacidad actual de la planta.

Para el análisis de capacidad se necesita realizar cálculos de Costo en exceso, y Costo Corto. (Ver anexo 6), además es necesario obtener el costo de maquinaria por unidad, y el costo cubierto.

En la tabla 21 se muestra, la cantidad del mercado insatisfecho a cubrir, el cual es del 40% en los próximos 5 años, además se muestra el costo de maquinarias, el precio de venta, costos de maquinaria por unidad y el costo en exceso.

TABLA 21
VARIABLES DEL ANÁLISIS DE CAPACIDAD

VARIABLE	VALOR
Mercado Insatisfecho	57,00
Posible Extensión	76,00
Costo Maquinaria	\$ 116.120,00
PVP	\$ 10.833,00
Costo Maq. Unidad	\$ 1.527,89
Costo cubierto MI	\$ 87.090,00
Costo Exceso	\$ 29.030,00

Con todos estos datos se procede a realizar el cálculo del costo corto (ver anexos), y obtener el valor de P, el cual dará como resultado si es necesaria una extensión o seguir produciendo como lo ha ido haciendo hasta ahora, con lo cual arrojó los siguientes datos:

TABLA 22
VARIABLES DEL ANÁLISIS DE CAPACIDAD

CÁLCULO CAPACIDAD	
VARIABLE	VALOR
Costo Corto	\$ 205.827,00
Costo Largo	\$ 29.030,00
P	0,88
z	0,69
Prueba Lógica	ORIGINAL

Entonces calculo la capacidad:

Cálculo Extensión	
Capacidad	57,00

Este análisis indica que la planta tiene una capacidad de producción de 57 proyectos al año, lo que demuestra que actualmente la planta está trabajando a un 71,9% de su capacidad real.

Balanceo de Línea

Para realizar el balanceo de línea se necesita el diagrama de operaciones, las tasas de producción, definir el fondo de tiempo disponible para determinar la capacidad real unitaria, la demanda, equipos y operarios necesarios.

Tasas de Producción

Para el cálculo de las tasas de producción se cuantificó el tiempo de producción de los tres productos principales: Quemadores de cascarillas, Envejecedores de arroz y elevadores , por área. Obteniendo así la tasa de producción actual.

TABLA 23
TASAS DE PRODUCCIÓN

Unidades / hora	
Torno	0,48
Corte	0,04
Ensamble	0,24
Pulido	
Soldadura	
Cepillado	
Taladrado - Fresado	
Prensado	
Pintura	0,241
Montaje	0,241

BALANCEO DE LÍNEA

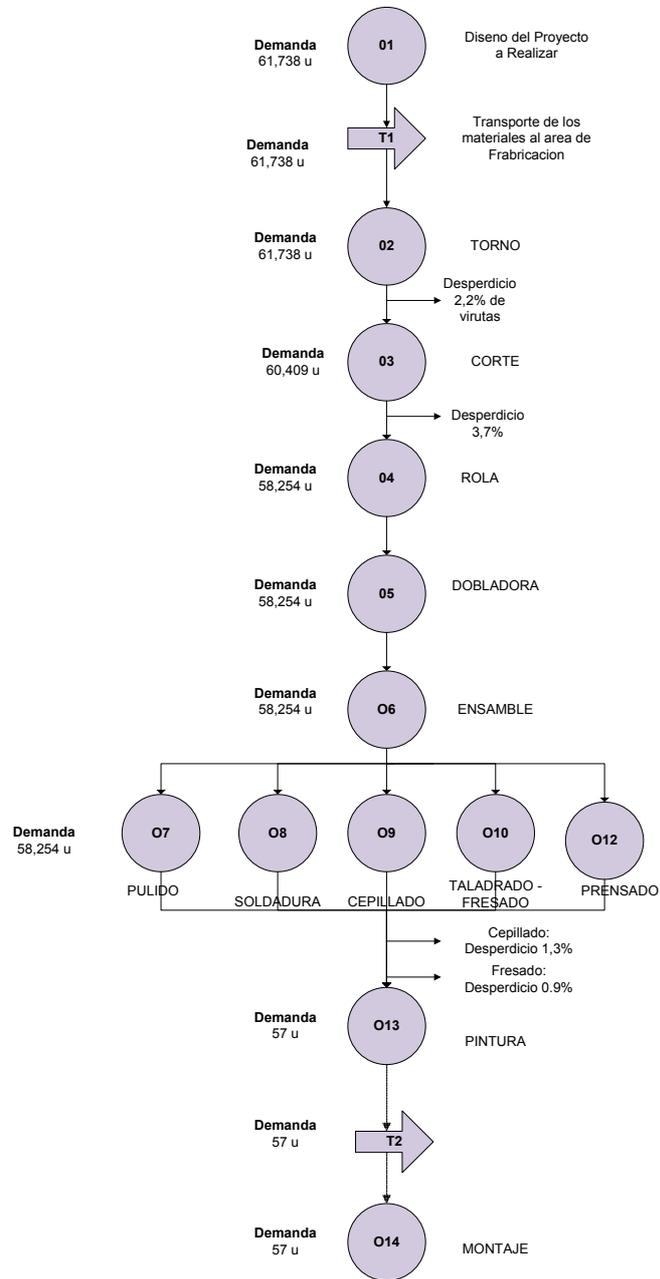


FIGURA 3.15: OTIDA DEL PROCESO PRODUCTIVO

Fondo de Tiempo

El fondo de tiempo se lo obtiene con el fin de conocer el tiempo real disponible para la producción.

- Fondo de tiempo de máquinas:
Tiempo disponible para el proceso realizado por la maquinaria durante el año.

Km: Porcentaje de mantenimiento de la maquinaria (9%)

$$Fe = \text{Horas anuales trabajadas} \times (1 - Km)$$

$$Fe = (9\text{horas} * 240\text{días})(1 - 0.09)$$

$$Fe = 1965.6\text{Horas}$$

- Fondo de tiempo de operarios
Tiempo disponible del personal durante el año.

Ka: Porcentaje de ausencia del personal.

$$Ft = \text{Horas anuales trabajadas} \times (1 - Ka)$$

$$Ft = (9\text{horas} * 240\text{días})(1 - 0.02)$$

$$Ft = 2116.8\text{Horas}$$

La capacidad real de la planta es:

TABLA 24
BALANCEO DE LÍNEA

	Requerimiento de unidades (unidades/año)	Tasa de producción (unidades/hr)	Fondo de tiempo Disponible (Hrs/año)	Capacidad real Unitaria (unidades/año)	Equipos y/o trabajadores	Equipos y/o trabajadores
Torno	740,856	0,48	2116,8	1019,2	0,727	1
Corte	724,908	0,04	2116,8	92,65	7,824	8
Rola	699,048	0,48	2116,8	1019,2	0,686	1
Dobladora	699,048	0,48	2116,8	1019,2	0,686	1
Ensamble	699,048	0,24	2116,8	508,032	1,376	2
Pintura	684	0,241	2116,8	509,6	1,342	2
Montaje	684	0,241	2116,8	509,6	1,342	2

Como se puede observar en el balanceo realizado, el cuello de botella de la línea de producción es el área de tornos.

Manipuleo y almacenamiento

Se busca cumplir los objetivos de optimizar el espacio utilizado y mejorar la accesibilidad a los productos. Para facilitar el acceso a la materia prima, se necesitan distintos tipos de sistemas de almacenamiento (ver anexo 8).

Clasificación ABC de los productos por Costo

Para poder realizar la clasificación de los productos que se necesitan en el taller Metalmecánico “FC Construcciones”, se utilizó la información proporcionada por facturas para poder conocer cuáles son los productos de mayor costo y de la misma manera saber con qué frecuencia estos son comprados.

El objetivo de la clasificación de los productos por Costos, es realizar una lista de los mismos para poder clasificarlos desde los que tengan un mayor valor de consumo por mes hasta los que tengan un consumo mínimo en la construcción de las máquinas de “FC

Construcciones” con la finalidad de definir las Políticas de Inventario, para así poder reducir los costos y brindar un mejor nivel de servicio.

En el anexo 12, se puede observar los productos que han sido comprados en los meses de Enero a Junio del presente año, meses en los que ha existido mayor movimiento en compras, de donde se sabe que el 20% de los productos que se requiere para la elaboración de las máquinas, representan el 80% del consumo de los mismo, razón por la cual estos productos han sido clasificados tipo A, es decir los productos como plancha hierro negro, perfil canal g, plancha hierro negro, motor trifásico, perfil canal u, entre otros.

De la misma manera, se realiza la clasificación de los productos tipo B, la cual representa el 30% de los productos que se compran para el taller, entre los productos tipo B se tiene soportes, acero de transmisión, perfil canal u, perno galvanizado g5unc, motor trifásico, y entre otros que representan el 15% del consumo para la elaboración de las máquinas.

Para finalizar, el 50% de los productos utilizados en la construcción de las máquinas, son clasificados productos Tipo C, los que representan el 5% del consumo mensual de dichos productos.

Codificación del Inventario

La empresa FC Construcciones no posee una codificación de sus productos, razón por la cual se tuvo que investigar sobre sus distintos elementos (materia prima), con el fin de realizar la codificación adecuada. Se decidió realizar 5 divisiones a cada producto. Los Sku´s de la bodega tienen una segmentación a base de la función del producto, esta primera división es por familias, las cuales se detallan a continuación:

- **Metalmecánicos**, son aquellos artículos metálicos.
- **Lubricantes**, son sustancias que no se degradan e impiden el contacto entre 2 piezas móviles.
- **Químicos**, aquellos productos que pueden ser contaminantes como pintura y diluyente
- **Consumibles**, aquellos productos que se gastan y se deben reponer para seguir utilizando un producto superior.

- Herramientas, son dispositivos artificiales que facilitan la aplicación de energía a una material durante la realización de una tarea.
- Protección Personal, son equipos de seguridad necesarios para la prevención de accidentes o enfermedades laborales.

Una vez que los materiales estén clasificados por su familia, existe una segunda división, más conocida como subfamilia, en donde se detalla el tipo de material. La tercera división es el grupo, luego existe una segmentación por subgrupo; y por último una división secuencial. Es importante mencionar que no es necesario que la materia prima tenga estas 5 particiones, eso dependerá de las especificaciones o descripciones de cada producto.

La codificación de la materia prima se la realizó de la siguiente manera:

Ejemplo: Bushing 1610 de 30mm

Familia: Metalmecánicos

SubFamilia: Bushing

Grupo: 1610

SubGrupo: 30mm

Código: 0112020600

Ubicación De Los Productos

La ubicación de los productos en la bodega de FC Construcciones se determinó de acuerdo a la clasificación ABC en base a rotación y a costo del producto. Sin embargo, debido a las grandes dimensiones de algunos materiales y a las limitaciones de espacio, no se pudo ser tan estricto con respecto a la ubicación teórica de los productos.

Se utilizará un medio de almacenamiento por secciones, y dentro de cada sección el sistema de almacenamiento es fijo. Cabe resaltar que se trabaja con productos de alta demanda, lo que conlleva realizar un continuo reabastecimiento del inventario y por ende se optimiza el espacio. El costo de mantenimiento de los productos metalmecánicos es bajo, lo que permite mantener un alto nivel de inventario en bodega.

Ubicación de láminas

En el taller de FC Construcciones se emplea 17 tipos de láminas metálicas diferentes. Todas las planchas, indistintamente del material o del espesor vienen en medidas estándar de 1.2m x 2.4m.

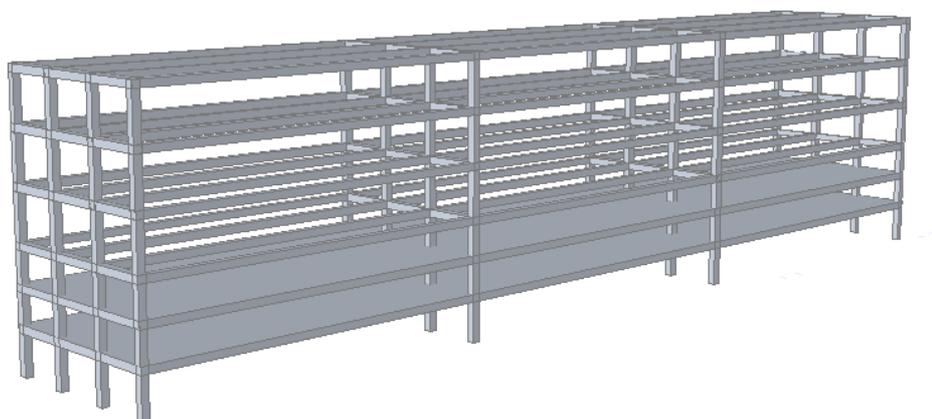


FIGURA 3.16 ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA LÁMINAS

Para almacenar planchas de estas dimensiones fue necesario diseñar una estructura que soporte las láminas de menor espesor pero sobre todo que evite que las planchas se pandeen. Mientras las láminas de mayor espesor deben ser colocadas en pallets, de manera horizontal y directamente dispuestas en el piso. Debido a la complejidad en el manejo de estos elementos, la estantería solo puede emplear los 2

niveles inferiores para el almacenamiento de planchas, y para un mejor uso del espacio los niveles superiores se diseñaron en forma de celdas al igual que la estantería de tubos, perfiles, platinas, ángulos, etc.

Con este diseño se facilita también el acceso al producto, y da mayor facilidad de descarga, pero el aspecto que más influye en la forma de almacenamiento es la seguridad. Con las planchas dispuestas en el suelo existe menos riesgo de accidentes para los trabajadores.

Ubicación de Tubos

Se diseñó una estructura con 2 formatos de almacenamiento destinada a la ubicación de tubos, varillas, platinas, correas, ángulos y demás artículos que tienen una longitud máxima de 6m.

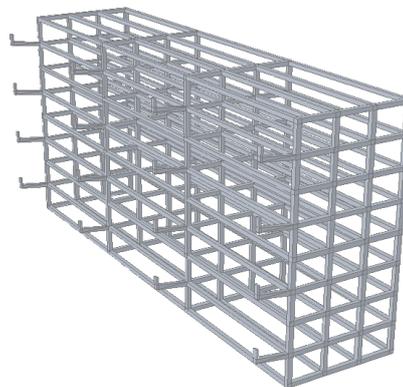


FIGURA 3.17 ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA TUBOS

La primera parte de la estructura está conformada por 24 celdas, cada una destinada a un producto en particular. Las celdas tienen una dimensión de 40cm x 30cm y se destinan al almacenamiento de los productos de menor diámetro.

En la parte lateral se empleó un método similar al Cantilever, que es una estantería en voladizo que brinda un mayor acceso a los productos que el sistema de celdas y será empleado para almacenar los tubos, varillas, perfiles, ángulos y demás artículos de mayores dimensiones cuyo manejo de manera manual resulta más complicado.

Ubicación Pinturas

Para todos los productos que se elaboran en los talleres se emplean pinturas dependiendo del tipo de producto. Los principales colores que se utilizan son: gris, rojo, verde y amarillo.



FIGURA 3.18 ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA PINTURAS

El almacenamiento de las pinturas resulta cómodo debido a que se puede almacenar grandes cantidades de producto en un espacio reducido. Se propone una repisa con diferentes niveles para colocar en ellos las distintas presentaciones de pinturas. La

Característica de esta estantería es que posee 5 niveles de 1.2m x 0.5m cada uno, otorgando la capacidad necesaria para satisfacer la demanda.

Ubicación Para Motores

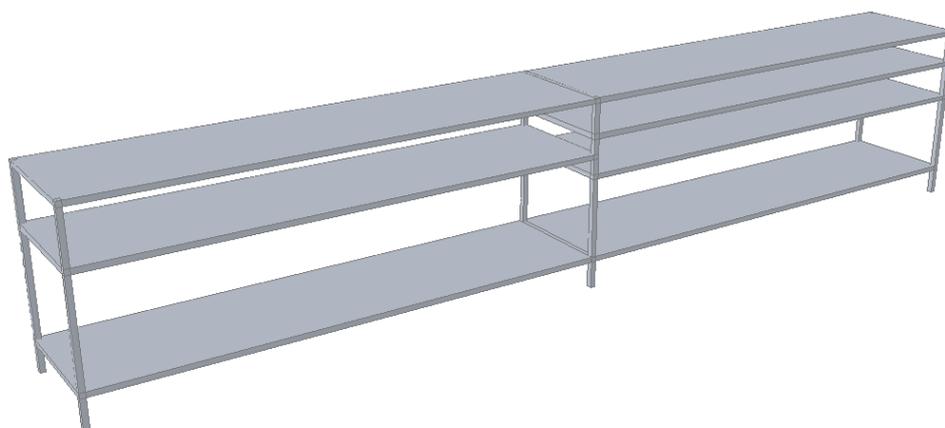


FIGURA 3.19 ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA MOTORES

En la elaboración de maquinaria metalmecánica se emplean motores de diferentes tamaños, pero que igual resultan complicados de manejar debido a su peso. Para esto se diseñó una estantería con las siguientes características:

1. En total se dispone de 10m de longitud, divididos en 2 secciones de 5m cada una, teniendo en toda su extensión una profundidad de 1.2m.
2. La altura de la estantería es de 1.9m lo que permite colocar artículos en la parte superior de la misma.
3. El nivel más bajo se encuentra a 32cm del suelo, que es la altura del carro transportador empleado para mover los motores. Este aspecto mejora la carga y descarga de motores pesados debido a que sólo hay que deslizar el motor hasta la estantería.
4. Debido a las diferencias existentes en los tipos de motores se crearon divisiones/niveles en cada una de las secciones ya mencionadas.
5. La primera sección posee únicamente dos niveles, por lo que el nivel inferior es el de mayor altura, permitiendo la ubicación de los motores más grandes.

6. La segunda sección cuenta con 3 divisiones. De igual manera, el nivel inferior se destina al almacenamiento de motores de menor dimensión, mientras los niveles superiores se destinan para colocar cajas con herramientas, discos, entre otros materiales que puedan ser almacenados en cajas.

Ubicación Para partes Pequeñas

Se garantiza un mayor acceso y orden en el almacenamiento de productos pequeños empleando un sistema de cajones. Se diseñó un área específica para todas las piezas de menor tamaño tales como tornillos, tuercas, anillos, pernos, electrodos, entre otros. Estos cajones se destinan también para guardar herramientas en su interior.

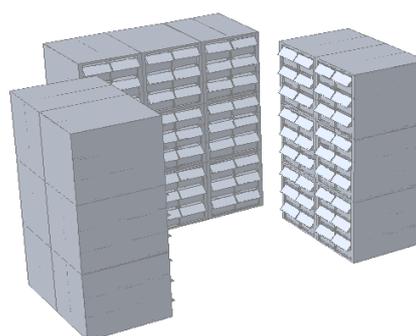


FIGURA 3.20 ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA PARTES PEQUEÑAS

En total se cuenta con 126 cajones que en la parte frontal deberán poseer información específica del producto que contiene como por ejemplo código, dimensión, imagen del producto, material, etc.

Este sistema consiste en una estructura metálica (alto: 32cm, ancho: 32.5cm y profundidad: 41cm) con divisiones plásticas que permiten deslizar cada uno de los 6 cajones incluidos. Cada cajón mide 14cm de ancho, 8.5cm de altura y 40 cm de profundidad, lo que proporciona la capacidad suficiente para almacenar artículos de acuerdo a la unidad de carga establecida de 100unidades/funda.

En total se pueden apilar hasta 3 de estas estructuras metálicas, de tal manera que el operador tenga total visibilidad para alcanzar cualquiera de los productos. En total se colocarían 21 estructuras empleando una especie de flujo Kawasaki.

Ubicación de Discos y Bandas

Estos elementos son muy fáciles de almacenar debido a que el requerimiento de espacio es mínimo.

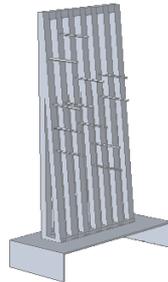


FIGURA 3.21 ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA DISCOS Y BANDAS

El medio empleado para almacenar estos artículos es un Rack estático de un solo lado. Esta es una estructura muy simple que posee ganchos para colocar los discos de esmeril aprovechando la uniformidad de su diámetro interior.

También se puede emplear para ubicar pequeñas bandas enrolladas en los ganchos existentes.

Controles De La Bodega

Para el control de la bodega de FC Construcciones se hará uso de las auditorías cíclicas, para el óptimo funcionamiento del sistema de control. Este sistema de auditorías muestra grandes ventajas, puesto que es práctico y ágil para su desarrollo. Además de permitir el

funcionamiento normal del taller sin tener que suspender las actividades de trabajo, debido a que se pueden designar tiempos y personal para realizar inspecciones. Como se ha explicado anteriormente este hace una planificación de productos ABC para ver su prioridad de control.

La empresa cuenta con un sistema, donde se registra la entrada y salida de la materia prima. Al hacer la auditoria se constata si la cantidad que se encuentra en la bodega por medio del conteo físico es correcta, con la que se encuentra en el sistema. Si hay faltantes, se verifican si son ficticios o reales, para luego tomar las medidas correctivas hacia los responsables.

Para llevar un mejor control en los consumibles, se ha tomado la disposición que cuando un trabajador necesite dicho material, tiene que presentar el consumible desgastado al Jefe de Bodega para suministrarle otro. Así no habrá desperdicios y se hará más eficiente el uso de los mismos.

Otra forma para controlar la cantidad de material de cada sku es por medio de los stocks mínimos o de seguridad; se tiene que tomar en cuenta que cada uno de ellos depende del tipo producto ABC, así se tiene:

PRODUCTO A	Stock de seguridad
PRODUCTO B	Stock de seguridad
PRODUCTO C	Stock máximo

De esta forma con el sistema usado en la bodega, se puede saber cuánto es la cantidad de cada tipo de producto, a la cual se puede cubrir la demanda de pedido interno hasta que llegue el proveedor con más material.

Stock de seguridad y stock máximo

Al tener la clasificación por rotación de producto, se tiene definido que Sku's se consumen más, dentro de un período de tiempo. Es por esto que según el tipo que sean y por la conveniencia de la bodega, se puede tener su stock de seguridad o stock máximo (ver anexo 13).

Stock de seguridad

Este tipo de stock se lo hace para los productos A y B, y con él se calculó la cantidad adicional o el colchón que protege de quedarme sin material por la variabilidad de la demanda.

El stock de seguridad se lo calcula obteniendo el stock mínimo sumado con un porcentaje del mismo, para el caso de FC Construcciones se ha definido un 10% del stock mínimo. Para hallar el stock mínimo se tiene que obtener el consumo promedio diario y multiplicarlo por la tasa promedio de rotación en días, es decir con lo que el proveedor se demora promedio en traer el producto.

Stock máximo

Este stock se lo utiliza para productos tipo C, el cual toma en cuenta el consumo máximo diario y la tasa de entrega máxima del proveedor. Esto se hace puesto que para los artículos tipo C, se destina poco dinero y se hacen pedidos con poca frecuencia.

De esta manera se logró reducir el costo financiero y el costo administrativo y almacenamiento de inventario.

Auditorías Internas de la Bodega

Para el control de la bodega de FC Construcciones se hará uso de las auditorías cíclicas, para el óptimo funcionamiento del sistema de control. Este sistema de auditorías muestra grandes ventajas, puesto que es práctico y ágil para su desarrollo. Además de permitir el funcionamiento normal del taller sin tener que suspender las actividades de trabajo, puesto se pueden designar tiempos y personal para realizar inspecciones.

Como política de inventario está definido que se realizará auditorías internas de forma cíclicas. Se escogió este tipo de auditoría, debido a que presenta grandes ventajas y la forma como se la lleva a cabo permite al personal ser proactivo y no interfiere con las actividades normales de trabajo, todo lo contrario, ayuda a hacerlas más eficientes.

Las ventajas que tiene el sistema, es que no es necesario tener que cerrar la bodega, sino que durante las actividades normales se pueden designar tiempos y personal para hacer las inspecciones.

Las auditorias cíclicas conllevan una planificación, en la cual cada día se revisa varios productos. Pero se tiene que concentrar los esfuerzos en aquellos principales para la empresa, conocidos como productos de tipo A, los cuales se revisarán todos los días, pasando 1 ,2 y 3 días según su valor monetario, puesto que necesitan tener un mayor control para evitar pérdidas y confusiones.

A los productos clasificados como “B” se los controlará, pero con una frecuencia menor, es decir semanalmente y los de tipo “C” será mensualmente.

Al momento de planificar las auditorias, el orden de cómo van a ser revisados los Sku's es de acuerdo a la clasificación ABC por precios, es decir se controlarán primero los productos de mayor costo. Con este sistema se puede eliminar el posible manejo arbitrario de los productos.

Para llevar a cabo el control se cruzará la información que se encuentra en el sistema y la información que se obtenga al momento de hacer el conteo físico de cada SKU. Cuando los resultados de la auditoria muestren que existen faltas físicas de productos, primero se deberá hacer un chequeo del sistema para verificar si estos productos

se encuentran confundidos con otros, sino es así entonces los empleados que se encuentren en ese turno tendrán la obligación de responder por esos Sku's (recibirán sanciones económicas o de otro tipo).

3.4 Problemas Presentes

Para tener una visión más clara de los problemas que aquejan actualmente a FC construcciones, se enlistaron los problemas que se encontraron a lo largo de la investigación realizada.

- En la definición de los problemas existentes dentro de la planta, específicamente en los paros de producción por descargas de materiales, se evidenció que la planta no tiene un acceso, ni espacio adecuado para el despacho y recepción de materiales. Por lo que se recomienda ampliar el área de descarga para mayor facilidad de manipuleo y así utilizar menos colaboradores en el despacho. El área deberá ampliarse en 18,65 X8, 45 m.
- En la definición de problemas existentes, tratando el tema de manipuleo de materiales se conoció que con la distribución actual de la planta se realizan desplazamientos demasiado grandes, lo que representa en pérdida de tiempo de la producción, esto se da debido a la ubicación de las bodegas dentro de la planta.

- El análisis de la situación actual de manipuleo de materiales demostró que no tienen un equipo adecuado para el manipuleo de materiales ni las seguridades necesarias.
- Analizando el actual método de almacenamiento que existe dentro de las bodegas de FC Construcciones, se observó un gran desorden dentro de las mismas.
- Actualmente la producción de la planta es de 41 proyectos al año, pero el análisis de capacidad indicó que la planta tiene una proyección en su capacidad de producción de 57 proyectos por año. De acuerdo a lo indicado en el balanceo de línea, el cuello de botella es el área de tornos, es decir si el área de tornos trabajaría al 100%, la planta tendría una capacidad de producción de 79 proyectos al año. Lo que quiere decir que la planta actualmente está trabajando a un 51,8% de su capacidad real.
- No existe motivación ni seguridad para los operarios, no cuentan con un comedor, y los operarios deben comer en la garita, por lo cual se recomienda la creación de un área de comedor por lo que existe suficiente espacio, las medidas adecuadas serían de 8.45 x 4.35 metros.

Con la realización de este capítulo se pudo conocer a fondo la situación en la que se encuentra actualmente FC Construcciones. Se obtuvo una lista de

problemas, los cuales se los analizará en el próximo capítulo con el fin de encontrarles alguna solución que pueda ayudar a mejorar el desempeño de la planta.

CAPÍTULO 4

4. REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LA PLANTA

Con los datos e información recopilada en los capítulos anteriores, se procederá a analizar cada uno de los problemas encontrados, mediante herramientas de calidad, y así definir la raíz de los mismos. Una vez detectado la causa de cada problema se procede a realizar la matriz con las posibles soluciones. Por último se realizará el rediseño de la distribución física de la planta, mediante la aplicación de técnicas de rediseño de planta SPL y QAP.

4.1. Análisis de los problemas presentes

En este punto se analizarán cada uno de los problemas encontrados a lo largo de los capítulos anteriores.

Se utilizará dos técnicas de análisis de problemas, la matriz de los 5 porqués, y el análisis de Ishikawa, los cuales darán a conocer las causas raíces de cada problema encontrado.

En los primeros problemas se aplicará la técnica de análisis de Ishikawa, la cual consiste en encontrar las causas raíces a nivel de medidas, materiales, métodos, mano de obra, maquinas, de cada uno de los problemas encontrados y a su vez las causas derivadas de cada causa raíz.

Se denominará actividades críticas, a las que se consideren como las principales causantes del problema.

Problema #1: Paros de producción

En el primer problema, se encontraron las siguientes actividades críticas:

A nivel de materiales:

- **Descarga de materiales pesados:** esta actividad requiere que se utilice un gran número de personas que están destinados para producción, lo que trae como consecuencia un paro en la producción.

A nivel de métodos:

- **La mala administración de las bodegas:** Las bodegas existentes en FC construcciones no tienen un control adecuado, esto se puede observar claramente cuando en ocasiones llegan pedidos de gran cantidad de materiales, mientras que otras no hay material disponibles es decir no poseen un stock mínimo ni stock de seguridad. A esto se suma que nunca saben la cantidad disponible que existe de cada material hasta que se acaba, no se realizan auditorías, ni inventarios por lo tanto no posee políticas de inventario.

- **La carencia de un plan de producción:** la empresa no trabaja con un plan de producción, por lo que no saben con certeza qué tipo de proyecto se va a realizar ni en cuanto tiempo, lo que trae como consecuencia continuos paros de producción.
- **Cambios de proyectos:** los cambios de proyectos se dan porque en FC construcciones se le da prioridad a los proyectos que representen mayores ingresos económicos, por ejemplo si están trabajando en algún proyecto pero les ingresa otro proyecto de mayor importancia dejan de dedicarle tiempo al proyecto anterior. Además el no poseer clasificación ABC de los clientes es otra causa de los continuos cambios de clientes y por ende los paros en la producción.

A nivel de mano de obra:

- **Utilización del personal para descargas de materiales:** cuando se descarga gran cantidad de materiales se requiere del personal destinado a producción, y al no tener personal para producir, se para la línea de producción.

A nivel de medidas:

- **Espacio reducido para descarga de materiales:** el área destinada dentro de la distribución física de la planta para la descarga de materiales es muy pequeña, lo que dificulta la descarga de los materiales que son entregados, además de que como hay que maniobrar para evitar el daño de los materiales se requiere del personal de producción, lo que produce paros en la producción.

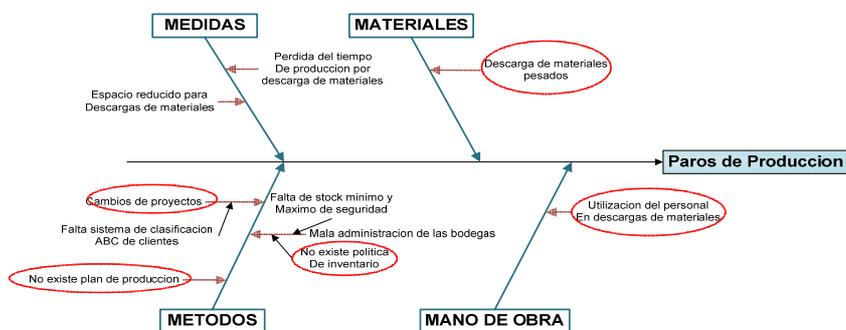


FIGURA 4.1: DIAGRAMA DE ISHIKAWA, PROBLEMA DE PAROS DE PRODUCCIÓN

Problema #3: Falta de mano de obra

La falta de mano de obra se da debido a las siguientes causas:

A nivel de medidas:

- Falta de factor económico para la contratación de personal. Esto se da debido a que el dueño de la empresa no tiene prioridad en la contratación de personal y además no tiene conocimiento del desbalance que existe en la línea.

A nivel de métodos:

- Balanceo de la línea de producción no es el adecuado. En el balanceo que se realizó en el capítulo 3 se dio a notar que la línea no se encuentra balanceada, se requiere de personal en el proceso de corte en el cual existe un solo operario cuando en el balanceo se requieren 3. Además para la descarga de materiales se ocupan muchos de los operarios perdiendo así tiempos de producción.
- La falta de un plan de producción. La empresa no trabaja con un plan de producción, por lo que no saben con certeza qué tipo de proyecto se va a realizar ni en cuanto tiempo, lo que trae como consecuencia continuos paros de producción.

- Jornadas de trabajo mal establecidas. Se puede deducir que está mal diseñada o equilibrada la norma de trabajo actual establecida en la empresa, porque quizás con un nuevo turno de trabajo se puede cubrir la carencia de personal y aumentar la producción de proyectos.

A nivel de mano de obra:

- Falta de capacitación, Se llegó a esta causa debido a que se cree que en el mercado no existe la mano de obra calificada con los conocimientos en manejo de máquinas que se utilizan en una metalmecánica, y a la vez el dueño de la empresa no se preocupa por certificar los conocimientos de su personal actual.

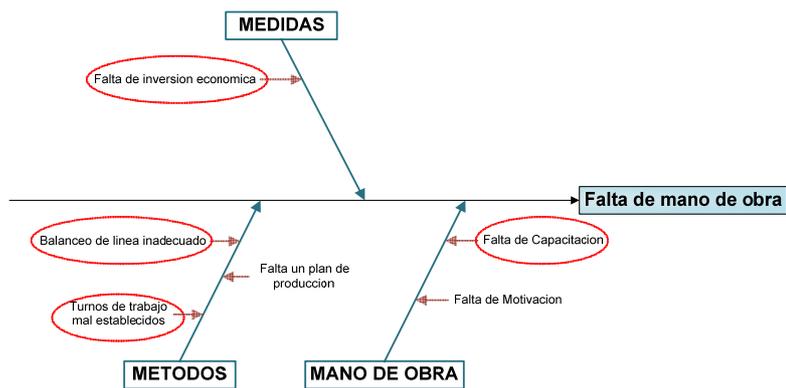


FIGURA 4.2: DIAGRAMA DE ISHIKAWA, PROBLEMA FALTA DE MANO DE OBRA

Problema #4: Pérdida de tiempo de producción.

La pérdida de tiempo de producción se da debido a las siguientes causas:

A nivel de máquinas:

- **La falta de equipos para el transporte y manipuleo de materiales:** el no tener el equipo adecuado para el transporte y manipuleo de materiales, hace que los operarios que trasladen estos materiales se demoren más tiempo en transportarlos, debido a que el único equipo disponible no posee las seguridades necesarias para el transporte de los materiales ni para el operario, los trabajadores se ven obligados a poner extremo cuidado en el transporte del mismo, lo que por ende trae desperdicio de tiempo.

A nivel de medidas:

- **Grandes distancias recorridas para el abastecimiento de materiales en la línea:** las bodegas de materia prima se encuentra muy lejos de la línea de producción, como

consecuencia la gran distancia recorrida para abastecer la línea se traduce en pérdida de tiempo de producción.

- **Tiempos de setup muy altos:** el tiempo dedicado a la preparación de las máquinas y materiales al inicio de la jornada laboral es muy alto, trae consigo tiempos de producción elevados.

A nivel de métodos:

- **No existe política de producción para el arranque de la línea:** el no existir una política de arranque de la línea, trae consigo tiempo perdido en preparar máquinas y materiales.

A nivel de mano de obra:

- **Utilización de gran parte del personal para descarga y recepción de materiales:** cuando se descarga gran cantidad de materiales adquiridos se requiere del personal de producción, por ende se paraliza la línea de producción y se pierde tiempo de producción.



FIGURA 4.3: DIAGRAMA DE ISHIKAWA, PROBLEMA PÉRDIDAS DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN

Problema #5: No tienen un equipo adecuado para el manipuleo de materiales ni las seguridades necesarias.

Actividades críticas:

A nivel de medidas:

- Falta de uso de unidad de carga. El no tener establecido la unidad de carga para los materiales dentro de la bodega hace que genere muchas veces confusión y desorden al momento de despacho de los mismos. Se detecta a la vez una posible causa de esta raíz es:
 - *El tamaño de los materiales almacenados*, existen materiales muy pequeños (tornillos, tuercas, clavos, entre otros), como también materiales de gran tamaño como lo son las planchas, motores, varillas, entre otros, a los cuales por su gran tamaño se los almacena en el piso de la bodega.
- Carencia del factor económico para la inversión en equipos de manipuleo. Muchas veces el dueño de la empresa por la falta de conocimiento o por dar mayor prioridad a otras inversiones, no considera necesario invertir en equipos como un montacargas, o un transporta manual para considerar el

tiempo de recorrido y seguridad de los operarios. Es por esto que el manipuleo de los materiales se hace dificultoso.

A nivel de métodos:

- Falta de un sistema de seguridad industrial. Se puede considerar que en el momento de la descarga y despacho de materiales los trabajadores muchas veces realizan mucho esfuerzo físico en sus labores. Con un sistema de seguridad apropiado se puede prevenir en la empresa los riesgos de accidentes laborales.

A nivel de máquinas:

- Poca utilización de equipos de manipuleo. La empresa solo cuenta con un carrito transportador de planchas y motores el no contar con los equipos necesarios de manipuleo hace que los tiempos de transporte de material sean muy altos. Aumentando así el esfuerzo físico de los trabajadores por que el resto de los materiales se los traslada manualmente.

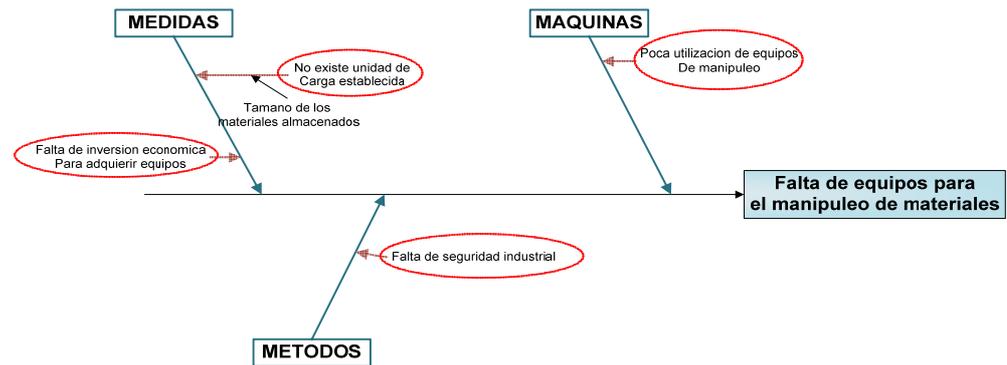


FIGURA 4.4: DIAGRAMA DE ISHIKAWA, PROBLEMA NO TIENEN UN EQUIPO ADECUADO PARA EL MANIPULEO DE MATERIALES NI LAS SEGURIDADES NECESARIAS.

Problema #6: Desorden en las bodegas.

Se encontraron las siguientes actividades críticas:

A nivel de medidas:

- **No existe lugar asignado para los materiales:** dentro de las bodegas no existen un lugar fijo asignado para cada tipo de material, existe poco espacio disponible para el almacenamiento, a esto se le suma que no existen perchas adecuadas para el almacenamiento de los mismos ni una política ABC de ubicación de materiales, es decir una clasificación de productos por consumo, todo esto trae una Ineficiente distribución de los productos almacenados lo que se traduce como desorden en las bodegas.
- **Grandes volúmenes de compras:** como no existe un control de la existencia de materiales en las bodegas, se adquiere material en grandes cantidades, por lo que las bodegas se atiborran de materia prima.

A nivel de métodos:

- **No existe un control estricto de las entradas y las salidas de materiales a las bodegas:** los materiales entran y salen de las bodegas sin un control estricto de los mismos, se tiene una idea general de la cantidad existente pero no precisa.
- **No existe política de inventario:** no se realizan inventarios, ni auditorías de control para conocer la cantidad de materiales existente y disponible, como consecuencia la bodega es un desorden total.

A nivel de mano de obra

- **Personal poco capacitado para el control de las bodegas:** no existen personas con la capacitación adecuada para el control de las bodegas, si existiera alguna persona capaz de llevar un control adecuado se cree que mejoraría considerablemente la administración de las bodegas.

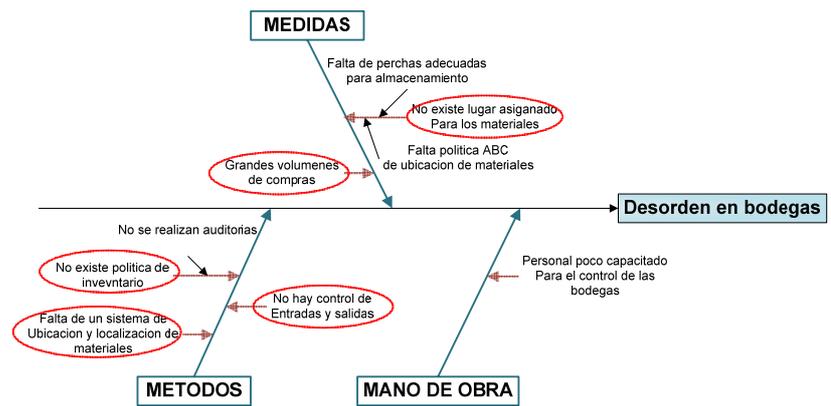


FIGURA 4.5: DIAGRAMA DE ISHIKAWA, PROBLEMA DESORDEN EN LAS BODEGAS

Problema #8: Baja tasa de producción.

Actividades críticas encontradas:

A nivel de medidas:

- La pérdida de tiempo de producción por las distancias recorridas dentro de la planta. El mal diseño de la distribución física de la planta hace llegar a esta causa, la cual produce altos tiempos de pérdida de producción por motivo de recorrido de personal y de materiales, ejemplo: un operador del área de pintura que requiere reposición de material tiene que recorrer hasta la bodega una distancia considerable haciendo así que este pierda mucho tiempo en su actividad de pintar. Esto influye en la tasa de producción porque se genera pérdidas de tiempo.

A nivel de métodos:

- No existe un plan de producción. El no existir un plan de producción genera confusión y desorden muchas veces en la línea, ya que se produce de acuerdo a la conveniencia del dueño y se generan lead time muy altos en la entrega de los productos. Es decir, la empresa no trabaja con un plan de producción, por lo que no saben con certeza qué tipo de

proyecto se va a realizar ni en cuanto tiempo, lo que trae como consecuencia continuos paros de producción.

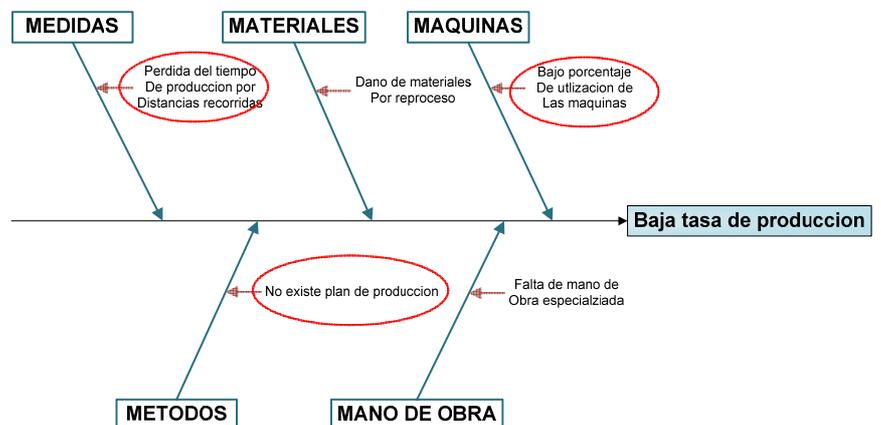


FIGURA 4.6: DIAGRAMA DE ISHIKAWA, PROBLEMA BAJA TASA DE PRODUCCIÓN

Los problemas restantes se analizarán por medio de la técnica de los 5 porqués, en la cual tomando el problema como pregunta principal se obtienen la primera causa, donde la causa encontrada

pasa a ser la siguiente pregunta para obtener la causa y así sucesivamente, obteniendo la causa raíz del problema.

Problema #2: Mala Ubicación de áreas especiales

Problema #7: Mala ubicación de las bodegas

TABLA 25
MATRIZ DE LOS 5 PORQUES

Problema: MALA UBICACIÓN DE AREAS ESPECIALES MALA UBICACIÓN DE LAS BODEGAS	
Pregunta	Respuesta
¿Por qué...	Porque ...
La mala ubicación de áreas especiales y de las bodegas	La distribución actual de la planta no es la adecuada
La distribución actual de la planta no es la adecuada	El diseño de la planta no se realizó correctamente
El diseño de la planta no se realizó correctamente	El diseño no fue realizado por personas con conocimientos en diseños de distribución de planta
El diseño no fue realizado por personas con conocimientos en diseños de distribución de planta	No se contaba con el capital necesario para la contratación de personas especializadas en el tema
No se contaba con el capital necesario para la contratación de personas especializadas en el tema	En el momento de la implantación de la planta se dio prioridad a otras inversiones
En el momento de la implantación de la planta se dio prioridad a otras inversiones	No se consideró necesario invertir en el diseño de la planta
Conclusión:	Rediseñar la distribución física de la planta

Una vez conocida las causas raíces de cada uno de los problemas se procederá a dar posibles soluciones basándose en las actividades críticas de cada problema.

4.1.1 Selección de la mejor alternativa de solución a los problemas.

Para la selección de la mejor alternativa de solución a cada uno de los problemas encontrados se utilizó una matriz de criterios, es decir a cada posible solución se la evalúa con los criterios que se crean convenientes, se escoge la solución que en la suma total de criterios obtenga el valor más alto.

Los criterios con los que se evaluó cada posible solución, se basaron en los beneficios que pueden traer dichas soluciones a la empresa.

- Para el problema de PAROS DE PRODUCCIÓN las soluciones que se plantearon para las actividades críticas fueron las siguientes:

TABLA 26
SOLUCIONES A ACTIVIDADES CRÍTICAS

Problema	Solución
Espacio reducido para descargas de materiales	Rediseñar el área de descarga de materiales
	Aplicar 5's
No existe plan de producción	Crear un plan de producción
Utilización del personal en descargas de materiales	Asignar personal para el área de descargas
Descarga de materiales pesados	Adquirir un carro porta láminas para el transporte de láminas.
	Adquirir un carro plataforma para trasladar motores y otros objetos pesados.
Falta stock mínimo y máximo de seguridad	Establecer stock mínimo y máximo de seguridad
Falta sistema de clasificación ABC de clientes	Realizar clasificación ABC de clientes
NO existe política de inventario	Crear una política de inventario

Una vez obtenidas las posibles soluciones para cada actividad crítica se procede a evaluar cada una en base a los criterios ya establecidos, construyendo así la matriz de criterios, la solución que tenga mayor puntuación será la escogida.

Se obtuvo la siguiente matriz de criterios para el problema de PAROS DE PRODUCCIÓN:

TABLA 27
MATRIZ DE CRITERIOS

PAROS DE PRODUCCIÓN	CRITERIOS					TOTAL
	Bajos costos de inversión	Aumento de la producción	Reducción de tiempos muertos	Reducción de movimientos	Aumentar el nivel de ventas	
Rediseñar el área de descarga de materiales		X	X	X		3
Aplicar 5's	X			X		2
Crear un plan de producción	X	X			X	3
Asignar personal para el área de descargas				X		1
Adquirir un carro porta láminas para el transporte de láminas.	X			X		2
Adquirir un carro plataforma para trasladar motores y otros objetos pesados.	X			X		2
Establecer stock mínimo y máximo de seguridad	X					1
Realizar clasificación ABC de clientes	X	X			X	3
Crear una política de inventario			X	X		2

Para evitar los continuos paros de producción, se presentan como soluciones escogidas realizar una clasificación ABC de los clientes, crear un plan de producción, y rediseñar el área de descargas de materiales.

Se recomienda ampliar el área de descarga para mayor facilidad de manipuleo y así utilizar menos colaboradores en el despacho. El área deberá ampliarse en 18,65 X8, 45 m.

- El segundo problema encontrado fue el de PÉRDIDA DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN, para este problema se plantearon las siguiente soluciones basándose en sus actividades criticas:

TABLA 28
SOLUCIONES A ACTIVIDADES CRÍTICAS

Problema	Solución
Falta de equipos para el transporte y manipuleo de materiales	Adquirir un carro porta láminas para el transporte de láminas.
	Adquirir un carro plataforma para trasladar motores y otros objetos pesados.
Grandes recorridos para abastecimientos de materiales en la línea de producción	Rediseñar la distribución física de la planta
Tiempos de setup altos	Establecer políticas de setup
Grandes recorridos para abastecimientos de materiales en la línea de producción	Realizar un estudio de tiempos y movimientos
Utilización del personal en descargas de materiales	Asignar personal para el área de descargas
No existe política de inventario	Crear una política de inventario

Con las posibles soluciones se evalúa cada una de ellas a base de los criterios ya establecidos, la o las soluciones con la valoración más alta serán las escogidas y presentadas como solución al problemas.

Se obtuvo la siguiente matriz de criterios:

TABLA 29
MATRIZ DE CRITERIOS

PERDIDA DE TIEMPO DE PRODUCCIÓN	CRITERIOS					TOTAL
	Bajos costos de inversión	Aumento de la producción	Reducción de tiempos muertos	Reducción de movimientos	Aumentar el nivel de ventas	
Adquirir un carro porta láminas para el transporte de láminas.	1			X		2
Adquirir un carro plataforma para trasladar motores y otros objetos pesados.	1			X		2
Rediseñar la distribución física de la planta		X		X		2
Crear políticas de setup	X	X	X		X	4
Realizar un estudio de tiempos y movimientos	X		X	X		3
Asignar personal para el área de descargas				X		1
Crear una política de inventario	X			X		2

De la cual se obtuvo que para el problema de paros de producción, se presentaron algunas posibles soluciones, de estas la que obtuvo la valoración más alta, crear políticas de setup.

El siguiente problema encontrado fue la FALTA DE MANO OBRA, para este problema se presentaron las siguientes soluciones:

TABLA 30
SOLUCIONES A ACTIVIDADES CRÍTICAS

Problema	Solución
Falta de inversión económica	Invertir en contratación de nuevo personal
Balanceo de la línea de producción	Balancear la línea de producción
	Implantar una línea paralela de producción
No existe plan de producción	Crear un plan de producción
Turnos de trabajo no establecidos	Establecer una nueva jornada de trabajo

Obteniendo las soluciones se elaboró la matriz de criterios evaluando cada solución a base de criterios establecidos, con lo cual se obtuvo la siguiente matriz:

TABLA 31
MATRIZ DE CRITERIOS

FALTA DE MANO DE OBRA	CRITERIOS			TOTAL
	Bajos costos de inversión	Aumento de la producción	Aumentar el nivel de ventas	
Invertir en contratación de nuevo personal		X	X	2
Balancear la línea de producción		X	X	2
Implantar una línea paralela de producción		X	X	2
Crear un plan de producción	X	X	X	3
Establecer una nueva jornada de trabajo		X		1
Aplicar LEAN Manufacturing/ Producción Esbelta		X	X	2

Para la falta de mano de obra la solución más adecuada según la matriz de criterios sería crear un plan de producción.

- El siguiente problema en buscarle posibles soluciones es que NO EXISTE UN EQUIPO ADECUADO PARA EL MANIPULEO DE MATERIALES NI LAS SEGURIDADES NECESARIAS, se encontraron las siguientes alternativas de solución:

TABLA 32
SOLUCIONES A ACTIVIDADES CRÍTICAS

Problema	Solución
Falta de inversión económica para adquirir equipos de manipuleo	Adquirir un carro porta láminas para el transporte de láminas.
	Adquirir un carro plataforma para trasladar motores y otros objetos pesados.
No existe unidad de carga	Establecer la unidad de carga
Falta de seguridad industrial	Implementar un sistema de seguridad industrial

Una vez con las soluciones halladas, se obtuvo la siguiente matriz de criterios:

TABLA 33
MATRIZ DE CRITERIOS

	CRITERIOS						TOTAL
	Bajos costos de inversión	Aumento de la producción	Reducción de tiempos muertos	Reducción de movimientos	Aumentar el nivel de ventas	Reducir el nivel de accidentes	
No tienen un equipo adecuado para el manipuleo de materiales ni las seguridades necesarias							
Adquirir un carro porta láminas para el transporte de láminas.	X			X			2
Adquirir un carro plataforma para trasladar motores y otros objetos pesados.	X			X			2
Establecer la unidad de carga	X						1
Implementar un sistema de seguridad industrial						x	1

Con el fin de solucionar la falta de equipo inadecuado para el manipuleo de los materiales, se plantea adquirir un carro porta láminas, y un carro plataforma para el traslado de los materiales pesados.

- El DESORDEN EN LAS BODEGAS que existe actualmente, se detectó como otro problema afectante, para el cual se planteo soluciones:

TABLA 34
SOLUCIONES A ACTIVIDADES CRÍTICAS

Problema	Solución
Personal poco capacitado para el control de bodegas	Capacitar el personal para el manejo de las bodegas
No existe un control estricto de las entradas y las salidas de materiales a las bodegas	Establecer un sistema de control de entradas y salidas de materiales
No existe política de inventario	Crear una política de inventario
No se realizan auditorías	Realizar auditorías periódicas
No existe unidad de carga	Establecer la unidad de carga
No existe un lugar asignado para cada tipo de material	Realizar clasificación ABC de ubicación de materiales
Grandes volúmenes de compras	Estandarizar volúmenes de compras
No existe un lugar asignado para cada tipo de material	Establecer una posición fija para cada tipo de material

Analizando cada una de las soluciones bajo criterios establecidos a base de mejoras en el funcionamiento de las bodegas se consiguió la matriz de criterios mostrada:

TABLA 35
MATRIZ DE CRITERIOS

DESORDEN EN LAS BODEGAS	CRITERIOS						TOTAL
	Bajos costos de inversión	Uso de la mejor unidad de carga	Optimizar el uso del espacio	Proveer un ambiente seguro	Minimizar costos operativos	Reducción de movimientos	
Capacitar el personal para el manejo de las bodegas				x		X	2
Establecer un sistema de control de entradas y salidas de materiales			x	x	x		3
Crear una política de inventario	X	x	x		x		4
Realizar auditorías periódicas	X				x		2
Establecer la unidad de carga	X	x	x		x		4
Realizar clasificación ABC de ubicación de materiales	X		x		x	X	4
Estandarizar volúmenes de compras		X	x				2
Establecer una posición fija para cada tipo de material			x			X	2

La cual dio como resultado, que con el fin de organizar las bodegas se plantea como solución establecer una unidad de carga, realizar la clasificación ABC de ubicación de materiales, y establecer una política de inventario.

- Como último problema se tiene la BAJA TASA DE PRODUCCIÓN, al cual de el planteo las siguientes soluciones:

TABLA 36
SOLUCIONES A ACTIVIDADES CRÍTICAS

Problema	Solución
No existe plan de producción	Crear un plan de producción
Pérdida de tiempo de producción por distancias recorridas	Realizar un estudio de tiempos y movimientos
Pérdida de tiempo de producción por distancias recorridas	
Falta de mano de obra	Balancear la línea de producción
Baja porcentaje de utilización de maquinas	Implantar una línea paralela de producción

A cada solución se la analizó con los criterios anteriormente establecidos con los que se obtuvo la siguiente matriz:

TABLA 37
MATRIZ DE CRITERIOS

BAJA TASA DE PRODUCCIÓN	CRITERIOS					TOTAL
	Bajos costos de inversión	Aumento de la producción	Reducción de tiempos muertos	Reducción de movimientos	Aumentar el nivel de ventas	
Crear un plan de producción	X	X			X	3
Rediseñar la planta		X		X	X	3
Realizar un estudio de tiempos y movimientos	X		X	X		3
Balancear la línea de producción		X			X	2
Implantar una línea paralela de producción		X			X	2

Para aumentar la tasa de producción se tiene como posibles alternativas crear un plan de producción, rediseñar la distribución física de la planta y realizar un estudio de tiempos y movimientos.

Tabla de Soluciones

Considerando cada uno de los problemas con los análisis de ishikawa y de los 5 porqués, se pudo encontrar algunas soluciones que se muestran en la tabla a continuación.

TABLA 38
TABLA DE SOLUCIONES

Problema	Alternativa de solución	Valoración según matriz de criterios	Selección
Paros de producción	Rediseñar el área de descarga de materiales	3	Rediseñar el área de descarga de materiales
	Aplicar 5's	2	
	Adquirir un carro plataforma para trasladar motores y otros objetos pesados.	2	
	Asignar personal para el área de descargas	1	Crear un plan de producción
	Adquirir un carro porta láminas para el transporte de láminas.	2	
	Crear un plan de producción	3	
	Establecer stock mínimo y máximo de seguridad	1	Realizar clasificación ABC de clientes
	Realizar clasificación ABC de clientes	3	
	Crear una política de inventario	2	
Falta de mano de obra	Invertir en contratación de nuevo personal	2	Crear un plan de producción
	Balancear la línea de producción	2	
	Implantar una línea paralela de producción	2	
	Crear un plan de producción	3	
	Establecer una nueva jornada de trabajo	1	
	Aplicar LEAN Manufacturing/ Producción Esbelta	2	

Pérdida de tiempo de producción.	Adquirir un carro porta láminas para el transporte de láminas.	2	Crear políticas de setup
	Adquirir un carro plataforma para trasladar motores y otros objetos pesados.	2	
	Rediseñar la distribución física de la planta	2	
	Crear políticas de setup	3	
	Realizar un estudio de tiempos y movimientos	4	
	Asignar personal para el área de descargas	3	
	Crear una política de inventario	1	
	Adquirir un carro porta láminas para el transporte de láminas.	2	
No tienen un equipo adecuado para el manipuleo de materiales ni las seguridades necesarias	Adquirir un carro plataforma para trasladar motores y otros objetos pesados.	2	Adquirir un carro porta láminas para el transporte de láminas.
	Establecer la unidad de carga	2	Adquirir un carro plataforma para trasladar motores y otros objetos pesados.
	Implementar un sistema de seguridad industrial	1	
	Establecer la unidad de carga	1	
Desorden en las bodegas.	Establecer un sistema de control de entradas y salidas de materiales	4	Establecer la unidad de carga
	Crear una política de inventario	3	Crear una política de inventario
	Realizar auditorias periódicas	4	
	Capacitar el personal para el manejo de las bodegas	2	
	Realizar clasificación ABC de ubicación de materiales	2	Realizar clasificación ABC de ubicación de materiales
	Estandarizar volúmenes de comprar	4	
	Establecer una posición fija para cada tipo de material	2	
	Crear un plan de producción	2	

Baja Tasa de producción	Implantar una línea paralela de producción	3	Crear un plan de producción
	Rediseñar la distribución física de la planta	2	
	Balancear la línea de producción	3	Rediseñar la distribución física de la planta
	Realizar un estudio de tiempos y movimientos	3	Realizar un estudio de tiempos y movimientos
	Rediseñar la distribución física de la planta	2	
Mala ubicación de las bodegas dentro de la planta.	Rediseñar la distribución física de la planta		Rediseñar la distribución física de la planta
Mala Ubicación de áreas especiales	Rediseñar la distribución física de la planta		Rediseñar la distribución física de la planta

4.2. Rediseño de la distribución física de la planta.

4.2.1 Rediseño de la distribución física de la planta por el método spl.

Para realizar el rediseño de la planta con el objetivo de disminuir los problemas existentes en la misma, se tomaran ciertas restricciones en el momento del rediseño, estas restricciones fueron sugeridas por el Ing. Franklin Chippe Gerente de la metalmecánica. De esta manera las restricciones fueron las siguientes:

1. El área de proceso no podrá moverse de su actual lugar, debido a que existen máquinas como el torno que en su ubicación tienen el toma corriente debajo de cada máquina y el moverlos a otro espacio crearía un alto costo de inversión.
2. Por lo cual, el cuarto de transformadores tampoco se podrá mover debido a que se encuentra en un sitio estratégico en el cual está muy cercano al transformador de la corriente de alta tensión que se ubica en la calle, y a la vez se encuentra muy cercano al área de proceso por si llegase a ocurrir un accidente o una descarga de energía.

Tomando en cuenta estas restricciones para realizar el layout de la planta se necesita cuantificar los movimientos que existen entre los departamentos, con la finalidad de colocar a los departamentos con mayor interacción lo más cerca posible para reducir los costos operativos.

La metalmecánica FC Construcciones posee ocho divisiones que son: el área de bodega de Materia Prima 1, la bodega de Materia Prima 2, la bodega de desperdicios, diseño, área de descarga, patio de maniobra, baños y administración.

Los movimientos entre departamentos fueron cuantificados en la siguiente carta from to ver tabla 39

TABLA 39

Carta from – to (Movimientos por día)

	BMP 1	BMP 2	BD	Diseño	Administración	Baños	Área de Pintura	Patio	Área de Descarga
BMP 1	--	0	0	0	0	0	0	0	24
BMP 2	0	--	0	0	0	94	240	0	92
BD	0	0	--	0	0	0	0	0	0
Diseño	0	0	0	--	32	0	0	0	0
Administración	0	0	0	32	--	0	324	0	30
Baños	0	94	0	0	0	--	0	0	0
Área de Pintura	0	240	112	0	0	13	--	0	0
Patio	0	0	0	0	0	0	0	--	0
Área de Descarga	42	138	0	0	0	0	0	0	--

Después de haber obtenido el total de recorridos que existen entre cada departamento que sucede por día, y representados visualmente en la Carta From - To, se determinó mediante escalas, los rangos de recorridos, permitiendo identificar mediante letras, cuales son los departamentos donde existen mayor cantidad de recorridos.

Para ello se realizó la siguiente escala con su grado de importancia:

Escala:

A: absolutamente importante	A 384 – 480
E: especialmente importante	E 287 – 383
I: importante	I 190 – 286
O: poco importante	O 93 – 189
U: sin importancia	U 1 – 92
X: no deseable.	X 0

Para tener una mejor comprensión de la escala se realizó una tabla resumen donde se indica el número de movimientos entre departamentos con su respectivo valor en la escala. Ver tabla 40

TABLA 40
Resumen de Movimientos

Departamentos	Numero de Movimientos	Tipo de Relación
BMP 2 - PINTURA	480	A
BMP 2 - DESCARGAS	230	I
DISEÑO - ADMINISTRACIÓN	48	U
ADMINISTRACIÓN - GUARDIANIA	28	U
ADMINISTRACIÓN - PINTURA	324	E
ADMINISTRACIÓN - PATIO	106	O
ADMINISTRACIÓN - DESCARGAS	30	U
GUARDIANIA - BAÑOS	176	O
BAÑOS - PINTURA	26	U
PINTURA - BD	112	O
BMP 1 - DESCARGAS	24	U

Una vez que se obtuvo la escala, se realiza una matriz para determinar la relación entre los departamentos. Ver figura 4.7

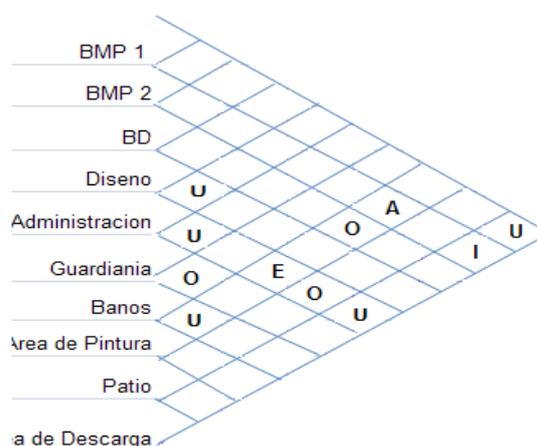


Figura 4.7. Matriz de Relaciones

Mediante esta matriz se determinó que el área comprendida entre bodega de materia prima 2 y pintura, y área de descarga y bodega de materia prima 2, son los lugares de mayor cantidad de movimiento, entonces es de absoluta importancia que estos departamentos estén lo más cerca posible.

También existen relaciones de calificación “E” especialmente importante, como la que existe entre administración y pintura.

Además relaciones importantes como la que hay entre la bodega de materia prima 2 y el área de descarga se las denomina de calificación “1”.

Del mismo modo existen relaciones tipo "O" de poca importancia como lo son:

- Área administrativa con patio.
- Guardianía con baños.
- Pintura con bodega de desperdicio.

Y por último existen relaciones sin importancia, calificación "U" las cuales son:

- Bodega de materia prima con el patio de maniobras.
- Diseño con administración.
- Administración con guardianía
- Administración con descarga
- Baños con pintura.
- Bodega de materia prima 1 con descarga.

Descritas las relaciones, se realizó una tabla resumen con las dimensiones de cada uno de los departamentos, ver tabla

Cabe recalcar que se recomendó crear un área para comedor con las siguientes medidas 8,45 m de largo x 4,5 m de ancho. Este espacio requerido se tomó del área del patio y a la vez se amplió el área de descarga la cual requería un espacio mayor para poder manipular los

materiales como las planchas, las medidas del área de descarga serian 8,45 m de largo x 18,65 m de ancho.

TABLA 41

Medidas en metros de las áreas

Departamento	Largo (m)	Ancho (m)
Bmp 1	15,45	14,50
Bmp 2	8,30	4,35
Bd	8,10	6
Administración	4,35	4,35
Diseño	8,45	4,35
Guardiania	4,10	4,35
Cuarto de Transformadores	3,50	4,35
Baños	3,20	7
Pintura	17,90	7,92
Patio	22	37,40
Área de descargas	6,45	18,65

A continuación se detalla el diagrama de bloques que es un gráfico donde se puede plasmar un layout inicial, además de presentar mediante distintos tipos de líneas las relaciones existentes entre cada departamento, ver la siguiente figura

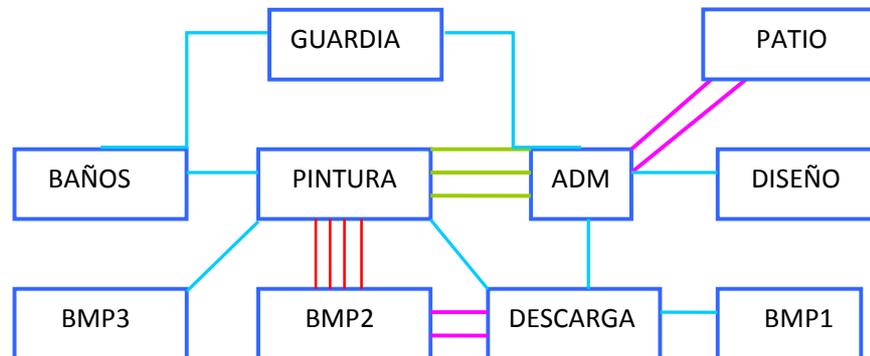


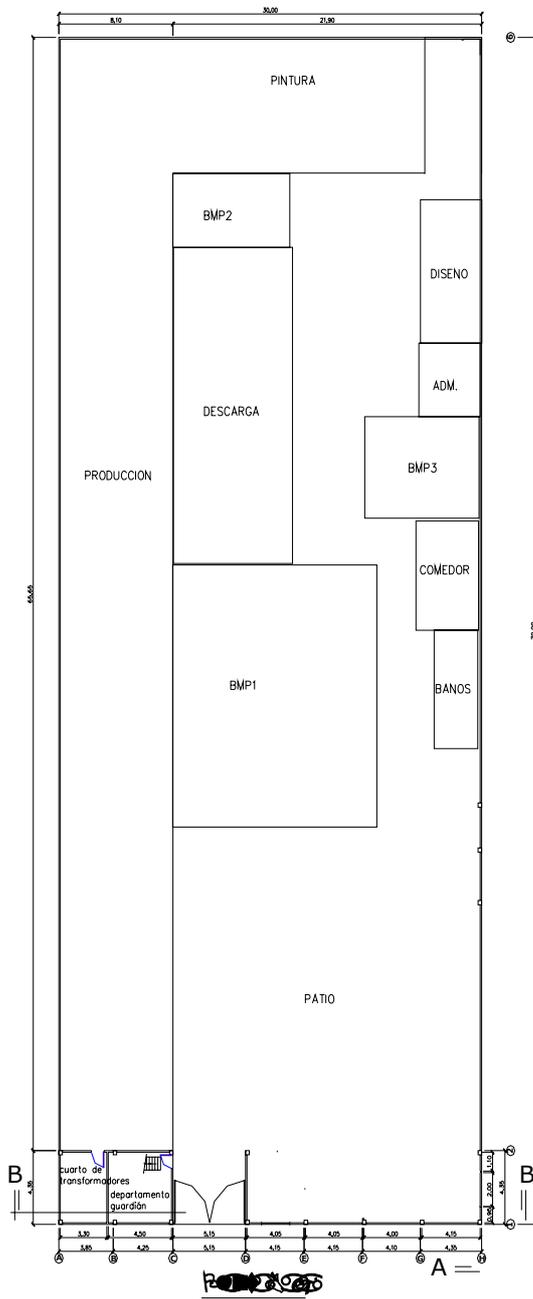
Figura 4.8 Block Layout

ALTERNATIVAS:

Las tres alternativas que se desarrollaron para una mejor distribución de la planta fueron por el método SLP:

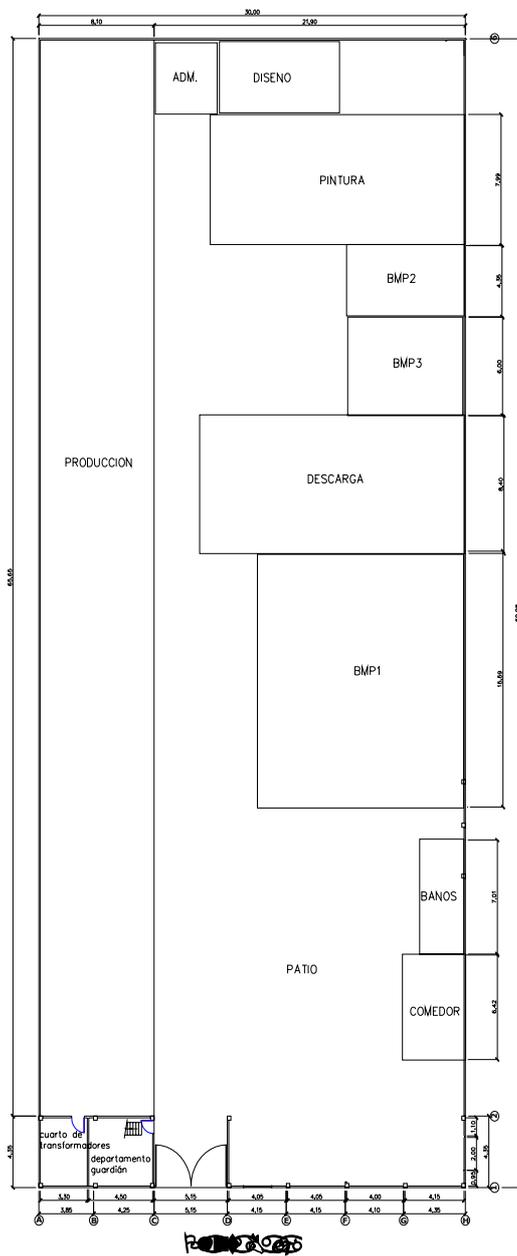
A continuación se presentan los tres alternativas layout de las cuales se seleccionará la que represente la menos distancia en recorridos.

LAYOUT #1



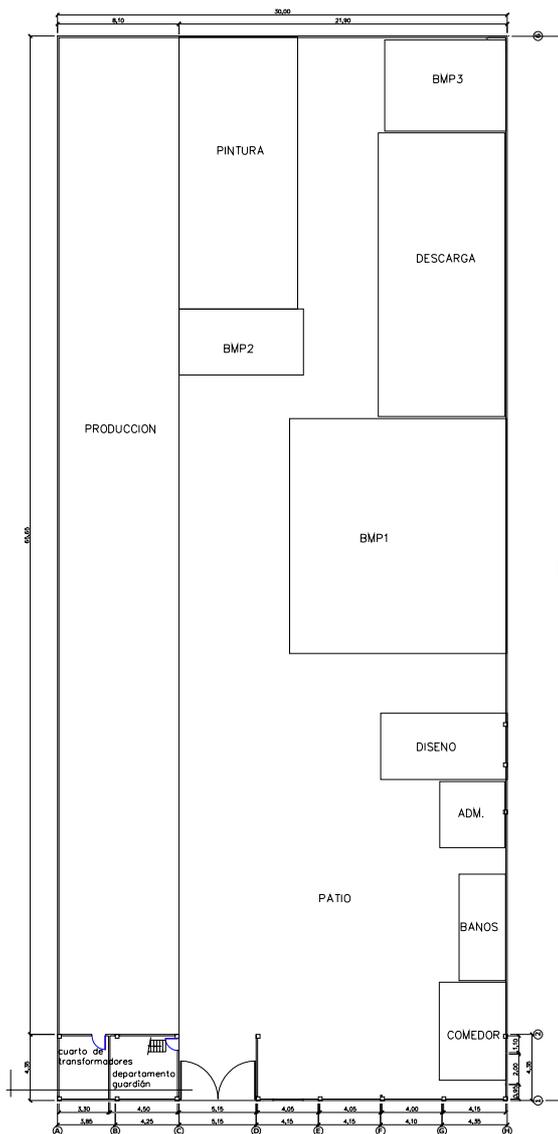
LAYOUT

#2



PLANO 3: LAYOUT #2 MÉTODO SPL

LAYOUT #3



PLANO 4: LAYOUT #3 MÉTODO SPL

Selección del layout

Para realizar la selección de la mejor alternativa de layout se procede a relacionar las distancias entre los departamentos de cada layout por los movimientos obtenidos en la carta from to.

Como resultado de esta operación se obtuvo lo siguiente: ver tabla 42

TABLA 42
RESULTADOS DE RECORRIDO DE LOS LAYOUT

LAYOUT	DISTANCIA (m)
1	23.890,2
2	19.950,6
3	33.775,18

Como conclusión por menor distancia recorrida se seleccionó el layout de la alternativa número 2 con una distancia de 19950,6.

4.2.2 Rediseño de la distribución física de la planta por el método qap.

Para realizar el rediseño de la distribución física de la planta de FC Construcciones, por el método QAP es necesario contar con tres matrices que son indispensables:

1. La carta FROM – To que representa los movimientos entre departamentos.
2. La matriz de distancias, la cual muestra la cantidad de espacio disponible para colocar los departamentos.
3. La matriz de distancia total, en la cual se muestra las relaciones entre movimientos y distancias entre departamentos.

Existe una cuarta matriz la cual se conoce como matriz de asignación, en la cual da la posición de cada departamento dentro de la planta.

CARTA FROM - TO

Cabe recalcar que existen dos departamentos más dentro de la planta, el Área de Procesos y el cuarto de transformadores, pero los cuales no han sido incluidos debido a que su ubicación no puede ser modificada.

TABLA 43**CARTA FROM -TO**

	A	B	C	D	E	F	G	H
	BMP 1	BMP 2	BD	Adm - Diseño	Baños	Area de Pintura	Patio	Area de Descarga
A	BMP 1	--	0	0	0	0	0	24
B	BMP 2	0	--	0	0	240	0	92
C	BD	0	0	--	0	0	0	0
D	Adm - Diseño	0	0	0	--	324	0	30
E	Baños	0	0	0	0	--	13	0
F	Area de Pintura	0	240	112	0	13	--	0
G	Patio	0	0	0	0	0	0	--
H	Area de Descarga	24	138	0	0	0	0	0

MATRIZ DE DISTANCIAS

La matriz de distancias, se basa en que el espacio disponible (ver tabla 44) que existe dentro de la planta para la reasignación de los departamentos, se lo divide para el total del número de departamentos existentes, y luego se obtiene la distancia entre ellos de centro a centro.

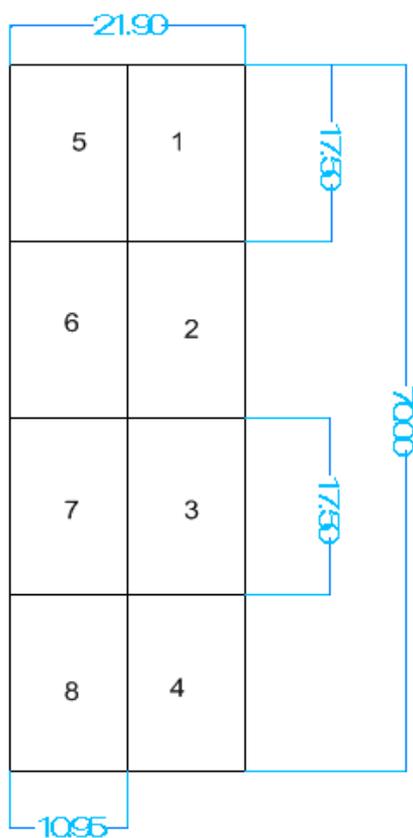


FIGURA 4.9: ESPACIO DISPONIBLE PARA ASIGNACIÓN DE DEPARTAMENTOS

TABLA 44
MATRIZ DE DISTANCIAS

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	x	17,5	35	52,5	10,95	28,45	45,95	63,45
2	17,5	x	17,5	35	28,45	10,95	28,45	45,95
3	35	17,5	x	17,5	45,95	28,45	10,95	28,45
4	52,5	35	17,5	x	63,45	45,95	28,45	10,95
5	10,95	28,45	45,95	63,45	x	17,5	35	52,5
6	28,45	10,95	28,45	45,95	17,5	x	17,5	35
7	45,95	28,45	10,95	28,45	35	17,5	x	17,5
8	63,45	45,95	28,45	10,95	52,5	35	17,5	x

Matriz de relaciones

Esta matriz muestra las relaciones que existen entre todos los departamentos. y el posible espacio que pueda tomar dentro de la planta.

Los valores de cero, tienen asignadas fórmulas, dentro de las cuales se relaciona las distancias, y los movimientos entre departamentos (ver anexo 7)

TABLA 45
MATRIZ DE RELACIONES

		1	2	3	4	5	6	7	8
A	H	0	0	0	0	0	0	0	0
B	F	0	0	0	0	0	0	0	0
B	H	0	0	0	0	0	0	0	0
C	F	0	0	0	0	0	0	0	0
D	F	0	0	0	0	0	0	0	0
D	H	0	0	0	0	0	0	0	0
E	F	0	0	0	0	0	0	0	0

38583,4

Además de las matrices es necesario, establecer cuál será la función objetivo, y las restricciones (ver anexo 7).

La función objetivo cumple los siguientes criterios:

- Minimizar distancia recorrida.
- Distancia recorrida es igual a: # movimientos entre A-B x distancia entre 1-2 x asignación de A a la localidad 1 x asignación de B a la localidad 2.
- # movimientos proviene de la Carta From-To.
- Distancias de la Matriz de Distancias.
- Las asignaciones de la Matriz de Asignación.

Las restricciones del modelo cumplen los siguientes criterios:

- La suma de las asignaciones de 1 departamento deben ser igual a 1, ya que sólo se lo puede asignar a una localidad.
- La suma de las asignaciones de una localidad deben ser igual a 1, ya que sólo se los puede asignar a un departamento.
- Los valores colocados en la matriz de asignación deben ser binarios.

Una vez elaboradas las ecuaciones se cuenta con el diseño lineal completo, y se procede a utilizar la herramienta EXCEL de Microsoft Office y su comando SOLVER, la cual dará la asignación de cada departamento a cada posición.

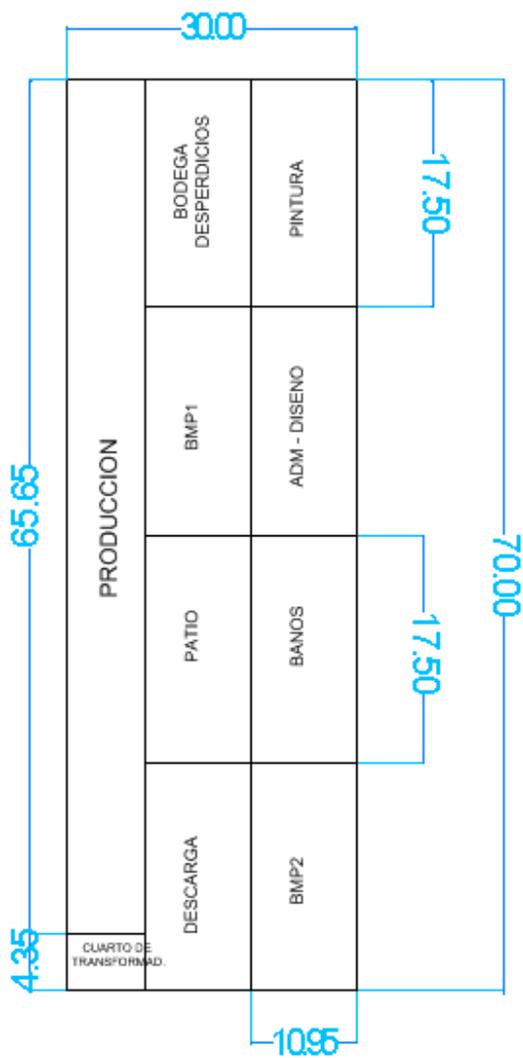
Cabe recalcar que SOLVER, tiene limitaciones para resolver este tipo de problemas lineales, específicamente está limitado a la cantidad de departamentos y la cantidad de relaciones que hay entre ellos (Tabla 45), FC construcciones cuenta con 8 departamentos, y 7 relaciones indispensables entre los mismos.

TABLA 47
TABLA RESUMEN DE ASIGNACIÓN DE POSICIÓN DE
DEPARTAMENTOS

POSICIÓN	DEPARTAMENTO
1	PINTURA
2	ADM - DISEÑO
3	BAÑOS
4	BMP 2
5	BD
6	BMP 1
7	PATIO
8	DESCARGAS

Con la posición de cada departamento asignada por SOLVER, se procede a realizar el layout de la planta.

LAYOUT



PLANO 5: LAYOUT MÉTODO QAP

4.2.3 Comparación de los diseños

Con el fin de tener mas de una opción de rediseño de la planta, se realizaron los dos métodos de redistribución, QAP y SPL.

Por el método SPL se obtuvo 3 layouts de la planta, de los cuales se escogió el que representa menos distancia recorrida, el cual es el layout #2.

Con el método QAP se pudo obtener una única solución satisfactoria, por ende se realizó un solo layout basado en el desarrollo del método.

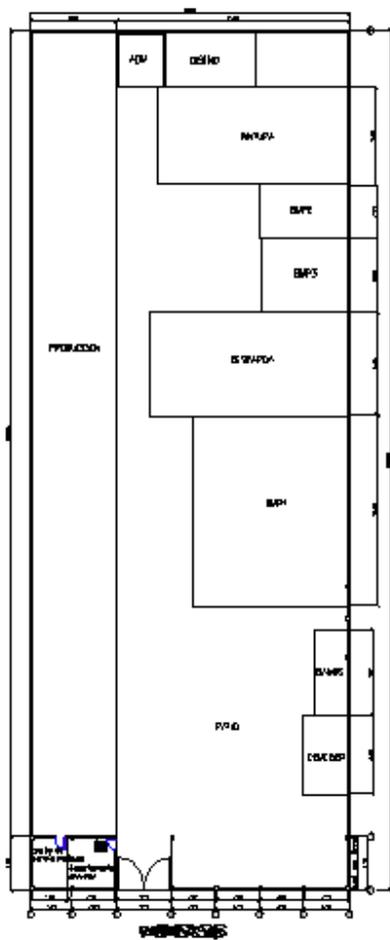
Para comparar la mejor alternativa de diseño se procede a relacionar las distancias entre los departamentos de cada layout por los movimientos obtenidos en la carta from to, lo que dio como resultado lo siguiente:

TABLA 48
RESULTADOS DE RECORRIDO DE LOS LAYOUT

MÉTODO	DISTANCIA (m)
QAP	38.583,4
SPL	19.950,60

Como se mostró en la tabla anterior, se escogió el método SPL, debido a que es el que representa menos distancias recorridas entre departamentos.

4.3. Plano final



PLANO 6: PLANO FINAL

4.3.1 Proyección de resultados

Una vez realizado el plano final, en el cual se detalló el rediseño que se recomienda aplicar en la planta, se procede a ejecutar una proyección de resultados con el fin de conocer las posibles mejoras que el rediseño traería.

Cabe recalcar que la solución a todos los problemas de la planta no era el rediseño de la misma, sino que ciertos problemas se solucionaban aplicando métodos de organización, para los cuales se propondrán ejemplos de mejoras a cada problema.

A continuación se detallará cada uno de los problemas, con las soluciones que se recomiendan.

- **Problema #1: PAROS DE PRODUCCIÓN**

El problema de paros de producción se daba principalmente por 2 causas, la primera por los continuos cambios de proyectos, lo que producía retrasos en las entregas y molestias en los clientes, esta causa se eliminaría creando un plan de producción y realizando una clasificación ABC

de los clientes, para lo cual se muestra un ejemplo a continuación:

TABLA 49
CLASIFICACIÓN ABC DE LOS CLIENTES POR VENTAS

		CLIENTES	TOTAL VENTAS	Porcentaje de ventas	Porcentaje acumulado
CLIENTES A		AGRICAMPO S.A.	\$150,000.00	36.59%	36.59%
		PLACAS DEL SUR	\$68,702.40	16.76%	53.34%
		INDUREY	\$38,544.48	9.40%	62.74%
		INDUSTRIAS DACAR	\$28,120.40	6.86%	69.60%
		FUNDAMETZ S.A.	\$26,613.80	6.49%	76.09%
		INARROMESA	\$24,351.20	5.94%	82.03%
CLIENTES B		ARROCESA S.A.	\$21,384.20	5.22%	87.25%
		AGRIVIB S.A.	\$18,644.00	4.55%	91.80%
		MEGA INGENIERIA S.A.	\$9,884.00	2.41%	94.21%
		MANUEL VILLAREAL	\$7,840.00	1.91%	96.12%
CLIENTES C		DIORT	\$7,395.20	1.80%	97.92%
		FERMIN BAJADA ROMAN	\$6,702.40	1.63%	99.56%
		ECUASTEEL	\$900.00	0.22%	99.78%
		PORTIARROZ	\$900.00	0.22%	100.00%
		ALIMENTOS BALANCEADOS DEL ECUADOR S.A.	\$17.92	0.00%	100.00%
		TOTAL	\$410,000.00	100.00%	

Otra causa de los paros de producción era las continuas descargas de materiales, puesto que utilizaban operarios de producción para realizarlas, además por el espacio reducido que tenían era muy difícil realizar las maniobras de descargas, por estos para la erradicación de esta causa se recomendó el rediseño del área de descargas, con lo cual se estimará una disminución en la utilización de los operarios de producción, la tabla comparativa completa se puede consultar en los anexos (ver anexo 9), a continuación se muestra la tabla resumen de comparación entre el escenario anterior y el propuesto:

**TABLA 50
COMPARACIÓN ENTRE ESCENARIO ANTERIOR Y
PROPUESTO SEGÚN MEJORAS**

	ESCENARIO ANTERIOR	ESCENARIO PROPUESTO	MEJORA
Tiempo perdido	2056,03	917,47	1138,56
Costo total diario	\$ 133,02	\$ 63,45	\$ 69,57
Pérdida en ventas	6504,42	2902,49	3601,93

En cuanto al tiempo perdido se da una ganancia de 1138 minutos con el rediseño del área de descargas, lo que representa un aprovechamiento del tiempo perdido en relación al escenario anterior.

Del costo de mano de obra invertido se da un ahorro del 48%, es decir \$69,57.

Y por ultimo la pérdida en ventas se reduce a \$2902,49.

- **Problema #2:** MALA UBICACIÓN DE LAS BODEGAS DENTRO DE LA PLANTA.

Para este problema la causa principal consistio en que a la hora de realizar el diseño inicial de la planta no se conto con personal capacitado para realizar un óptimo diseño, lo que trajo como consecuencia que las bodegas se ubicaran donde a ellos mejor les convenga, a esto se suma que el tamaño de las bodegas tampoco es el adecuado, lo que trajo desorden de materiales y esto a su vez trajo como secuela perdidas de tiempos en transportes de materiales, en despacho y descargas de los mismos. La solución a este problema fue el rediseño de la distribución de la planta, mas especificamente, la ampliación de las bodegas.(ver plano final)

- **Problema #3: FALTA DE MANO DE OBRA**

La falta de mano de obra ha ocasionado que se rechacen algunos proyectos por no contar con el personal para realizarlos, este problema tiene como raíces que no existía el suficiente capital para contratar más personal, además el no tener un plan de producción no permitía establecer la cantidad de operarios a necesitar para la elaboración de los proyectos, por esto se recomendó la creación de un plan de producción, lo cual les ayudará a tener una idea fija del número de operarios necesarios.

- **Problema #4: PÉRDIDA DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN**

Las pérdidas de tiempos de producción se dan por varias causas dentro de FC Construcciones, se dan pérdidas de tiempos por manipuleos de materiales, por el espacio recorrido dentro de la planta para su transporte, además del tiempo utilizado en descargas, y el tiempo de preparación de máquinas, para la solución de este problema la erradicación de la mayoría de sus causas se ha dado con las soluciones presentadas en los problemas anteriores, a esas se le

puede sumar la creación de las políticas de setup lo que ayudaría a reducir los tiempos de setup.

Con la implementación de las políticas de producción se pretende disminuir el tiempo de setup en un 50%, es decir a 15 minutos diarios.(ver tabla 51).

TABLA 51
COMPARACIÓN ENTRE ESCENARIO ANTERIOR Y
PROPUESTO SEGÚN MEJORAS

	ESCENARIO ANTERIOR	ESCENARIO PROPUESTO	MEJORA
TIEMPO PERDIDO DIARIO POR SETUP	30	15	50%
DINERO DIARIO PERDIDO	\$ 94,91	\$ 47,45	\$ 47,45

Políticas de Setup:

- La preparación de la máquina, del puesto de trabajo, de los útiles; es responsabilidad de cada operador.
- La verificación de la materia prima y de los instrumentos de medida a utilizar en cada puesto de trabajo.

- El desmontaje de las herramientas al finalizar el turno y el montaje de los mismos 15 minutos antes del inicio de cada turno.
- La limpieza y el orden del puesto de trabajo.

- **Problema #5:** NO TIENEN UN EQUIPO ADECUADO PARA EL MANIPULEO DE MATERIALES NI LAS SEGURIDADES NECESARIAS.

El manipuleo de materiales dentro de la planta se da en su totalidad de forma manual, y no existe seguridad para los trabajadores ni para los materiales, para la solución del problema se recomienda la adquisición de equipos de manipuleo como son un carro porta láminas para el transporte de laminas, y un carro plataforma para trasladar motores y otros objetos pesados.

Carro portaláminas

Los carros portaláminas son medios de transporte manuales que para su movimiento necesitan de la fuerza de una persona. Estos carros son de gran utilidad para transportar dentro de la bodega las láminas. Se caracteriza por su facilidad de manejo y mantenimiento mínimo. Poseen dos ruedas, lo que facilita su movimiento en pasillos angostos.



FIGURA 4.9: CARRO PORTALÁMINAS

TABLA 52

CARACTERÍSTICAS DEL CARRO PORTALÁMINAS

Modelo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Ø Ruedas(mm)
51-F	100	49	105	200

Detalle características

- Capacidad de carga de 1000Kg
- Peso de 41 kg
- Posee dos soportes fijos, dos soportes giratorios de los cuales uno tiene freno.

Carros Plataforma

Estos carros parten de una base de plataforma rodante y a él se atornilla una baranda. Las ruedas son ideales para facilitar el transporte de elementos pesados y de difícil manipuleo.

Los carros plataforma se utilizan para trasladar los motores y otros objetos pesados dentro de la bodega.



FIGURA 4.10: CARRO PLATAFORMA

Detalle Características

- Largo útil: 900mm
- Ancho útil: 500mm
- Altura útil baranda: 600mm
- Diámetro de ruedas: 125mm
- Carga: 200 Kg

Esto traerá como beneficios la reducción del tiempo empleado en manipuleo y transporte(ver anexo 10), lo que se muestra en la tabla resumen a continuación:

TABLA 53
PERDIDA DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN POR MANIPULEO
DE MATERIALES

	Tiempo de traslado manual diario de materiales (min)	Tiempo diario disponible de producción (min)	% de tiempo de producción desperdiciado
ESCENARIO ANTERIOR	33	540	6%
ESCENARIO PRPUESTO	17	540	3%

Con el escenario propuesto se puede concluir que se espera tener una mejora del 50% en el porcentaje de producción desperdiciado por manipuleo de materiales.

- **Problema #6: DESORDEN EN LAS BODEGAS**

El desorden dentro de las bodegas de la planta se da principalmente a que no existen políticas de inventario, ni se realizan auditorías, para esto se recomienda la creación de políticas de inventarios:

Políticas de inventario y operación

Políticas de las auditorías

- El encargado de la Bodega es el responsable de la planificación de las auditorías en la bodega. La ejecución de dichas auditorías es responsabilidad del Supervisor de los talleres.
- La planificación de la auditoría deberá ser realizada cada año y será de manera cíclica.

- Las auditorías deberán ser realizadas de la forma más honesta y clara posible.
- Los productos de tipo A serán auditados todos los días, pasando 1,2 o 3 días, dependiendo del costo del producto.
- La revisión de los productos de tipo B se realizará de manera semanal.
- Los productos de tipo C serán revisados una vez por mes.
- En caso de pérdida de algún material, los responsables directos de la pérdida serán las personas que hayan laborado en los turnos de ese día.

Políticas del sistema de almacenamiento

- La ubicación de los materiales será por secciones, distribuyendo en cada sección los materiales de forma fija.

- Los materiales de dimensiones pequeñas como los pernos, tuercas, tornillos, etc. serán puestos en las cajoneras en fundas de 100 unidades.
- Las planchas se encontrarán a la entrada de la bodega debido a su peso, tamaño y acceso en el espacio disponible.
- Los materiales tales como tubos, perfiles, ángulos, varillas, láminas y barras serán colocados en una estructura en forma de celdas, designando cada celda para un producto específico.
- Los motores serán colocados en estanterías, ubicando en la parte inferior los de mayor peso y tamaño, de manera que los más livianos que resultan más fáciles de manejar puedan ser colocados en las estanterías de la parte superior.
- Los materiales tipo A y B deben ser inventariados empleando stock de seguridad, mientras que para los productos tipo C se maneja stock máximo.
- Las unidades de carga que lleguen incompletas a la bodega deberán ser devueltas al proveedor.

A esto se le suma que no existe una unidad de carga establecida, por lo cual se determinó una unidad de carga para los productos de mayor consumo. Ver tabla 54:

TABLA 54
UNIDADES DE CARGA

MATERIAL	UNIDAD DE CARGA
pernos, anillos, tuercas y tornillos	en fundas plásticas de 100 unidades
varillas, correas, acero de transmisión, platinas y perfiles	unitaria
motores	unitaria
planchas	unitaria

Y por último está que los materiales no tienen posición fija dentro de las bodegas, además de que los volúmenes de compra no están establecidos, por lo que se recomienda una clasificación ABC de los materiales. (Ver anexo 12).

- **Problema #7: BAJA TASA DE PRODUCCIÓN**

Las causas de la baja tasa de producción son que no existe un plan de producción.

La distribución física actual de la planta trae como consecuencia tiempo de producción perdido en distancias recorridas, lo que se solucionaría con el rediseño de la planta.

Y por último la falta de mano de obra influye en el bajo porcentaje de utilización de las máquinas, por lo que para esto se recomienda un estudio de tiempos y movimientos, con el fin de determinar la cantidad de operarios necesarios.

- **Problema #8:** MALA UBICACIÓN DE ÁREAS ESPECIALES

La ubicación de áreas como los baños, comedor y administración no es la adecuada, se recorren grandes distancias, y en el caso de los supervisores no tienen libre vista al área de producción, para esto se recomendó como solución la reubicación de estas áreas, lo cual disminuiría el tiempo empleado en recorridos diarios (ver anexo 11).

TABLA COMPARATIVA 55

TIEMPO DIARIO PERDIDO POR RECORRIDOS REALIZADOS

Área Salida	Área de llegada	ESCENARIO ANTERIOR		ESCENARIO PROPUESTO		MEJORA (min)
		Distancia (m)	Tiempo diario perdido en recorrido(min)	Distancia (m)	Tiempo diario perdido en recorrido(min)	
Oficina	Procesos	106.5	60	33,56	18,9	41,1
Torno	Baño	96.32	10	34,47	3,58	6,42
Pintura	Garita	81.32	5	56,9	3,49	1,51
TOTAL			75		25,97	49,03

Como conclusión a este problema se obtuvo una mejora del tiempo diario perdido del recorrido desde administración al área de procesos en 41,1 minutos que representa una mejora del 17,75%.

Y a la vez se obtiene una mejora del recorrido del área de proceso al baño en 6,42 minutos equivalentes a 3,36%, y así mismo se encontró una mejora del recorrido desde el área de pintura a la garita en 1,51 minutos equivalentes a 3,28% en mejora.

CAPÍTULO 5

5.1 CONCLUSIONES

- Se planteó como hipótesis eliminar el 100% de paros de producción por cambios de proyectos, sin embargo luego del rediseño se identificó que solo se logrará eliminar lo que es el 50% de los paros de producción por cambios de proyectos, de 2 en promedio a 1. Lo que genera un incremento en las ventas mensuales de \$10.833. Esto se logrará mediante la clasificación ABC de los clientes y de la creación de un plan de producción.
- En lo referente a la reducción del 50% en los retrasos del tiempo de entrega se calcula que si se llegará a cumplir, lo que generaría

un ahorro de \$3.303,16 al año y un posible incremento en ventas \$64.998.

- Adicionalmente se planteó reducir en un 20% la pérdida de minutos por paros de producción debido a descarga de materiales, con el rediseño se calcula reducir estos paros en un 44% es decir un 24% adicional a lo planteado, para esto se diseñó en la nueva planta un área de descargas más ampliada, anteriormente contaba con dimensiones de 6,45 x 18,65 y se aumentó a 8,45 x 18,65 m. Con esta ampliación se estima reducir las horas de paro de producción de 64,53 a 34,27 horas por año. Esta reducción de paros incrementará el producto disponible a la venta en \$ 6.497,59 al año.
- Se planteó disminuir en un 50% el tiempo de manipuleo y transporte de materiales, después de realizado el diseño se conseguirá llegar de 33 minutos diarios a tan sólo 17 minutos, lo que representa unas posibles ventas de \$12.527,78 al año, para esto se recomienda la compra de un carro plataforma y un carro portaláminas.

- Se conseguirá reducir a 15 minutos el tiempo de setup diario, la hipótesis planteaba reducir estos 15 minutos, de los 30 que se empleaban diariamente en el setup. Lo que representa posibles ventas de \$11.388,89 al año. Esto se logro mediante la creación de políticas de setup.
- En el rediseño realizado, las áreas especiales tales como baños, comedor y administración se reubicaron, disminuyendo así el tiempo de recorridos entre las mismas en un 17,75%, del área de procesos a baños se redujo un 3,36%, y del área de pintura a guardianía se dio una reducción de 3,28%. Lo que significaría posibles ventas de \$10.096,02 al año.
- Adicionalmente se consiguió mejoras en el orden de las bodegas, para esto se creó políticas de inventario, políticas de almacenamiento, se estableció la unidad de carga para cada material y se realizó la clasificación ABC de los materiales de acuerdo a su rotación.

5.2 RECOMENDACIONES

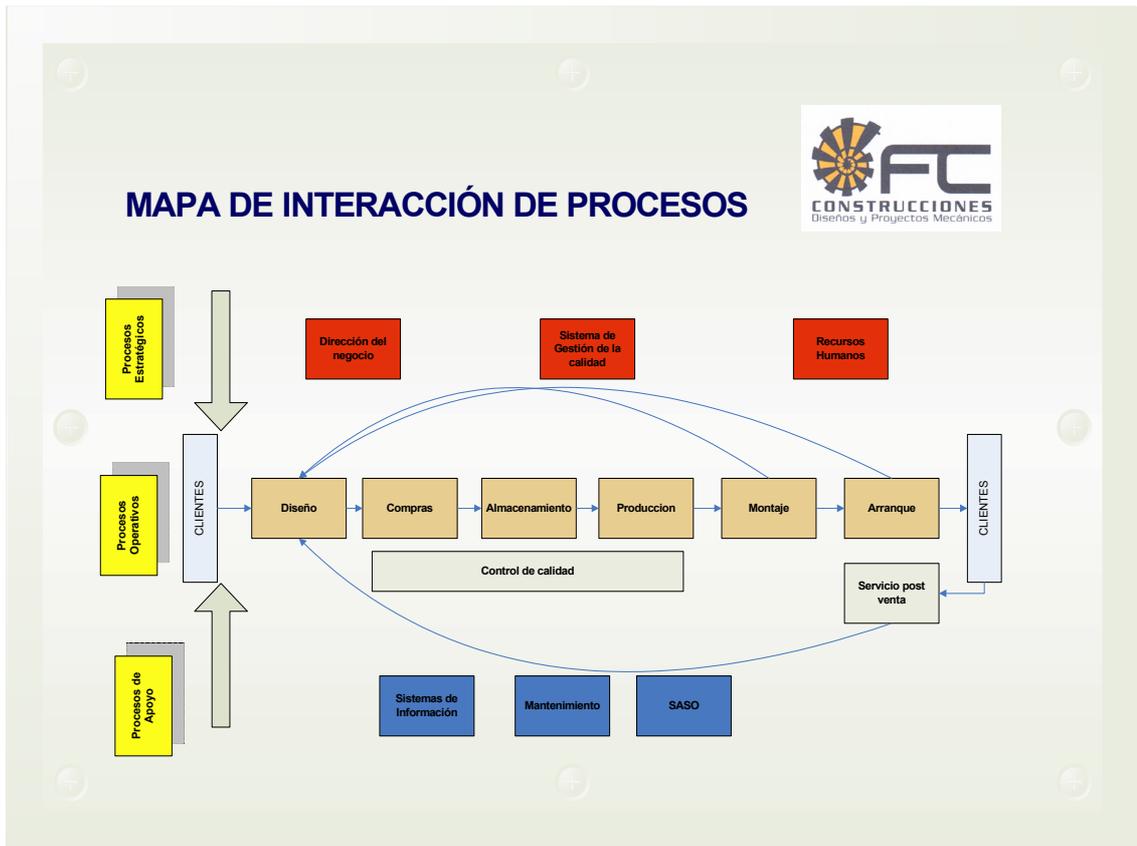
- Se recomienda a futuros estudiantes que realicen estudios de distribución física de planta realizar un estudio minucioso sobre la capacidad real de la planta y sobre las proyecciones de producción para los próximos años, debido a que la planta no cuenta con datos históricos, y con la realización de estudios de volumen se puede conocer con certeza la capacidad de producción de la planta y por ende las proyecciones son más cercanas a la realidad.
- Para realizar un mejor estudio de distribución de planta se recomienda tomar en cuenta los siguientes aspectos :
 - Mantener siempre una actitud interrogativa buscando las consecuencias de los problemas de la distribución actual y los cambios a introducir.
 - Forzarse a tener un número de soluciones adecuado, evitando rechazos o aceptaciones prematuras, trabajar con datos para tomar decisiones.

- Se recomienda elaborar una tesis para la implementación de este rediseño, para así poder ajustar los resultados proyectados y su verdadero impacto.
- Para la realización de esta tesis, uno de los mayores obstáculos fue la falta de bibliografía sobre distribución de planta, en las bibliotecas consultadas. Se recomienda a las bibliotecas de la ESPOL, adquirir libros relacionados con el tema de Distribución de Planta.
- Se aconseja a otros estudiantes utilizar este tesis para estudiar la resolución de QAP por medio de otros software de resolución de programación lineal para comparar resultados y determinar si se puede obtener una mejor respuesta.

ANEXOS

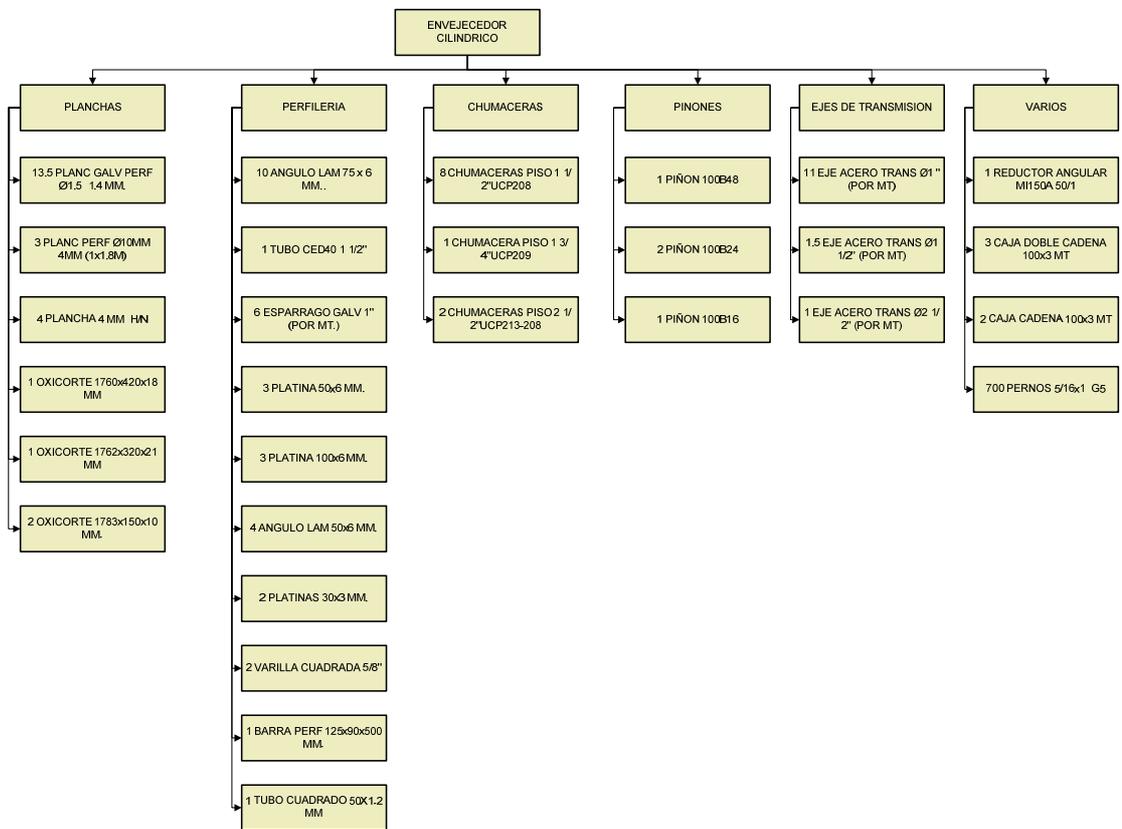
ANEXO 1

Mapa de interacción de procesos



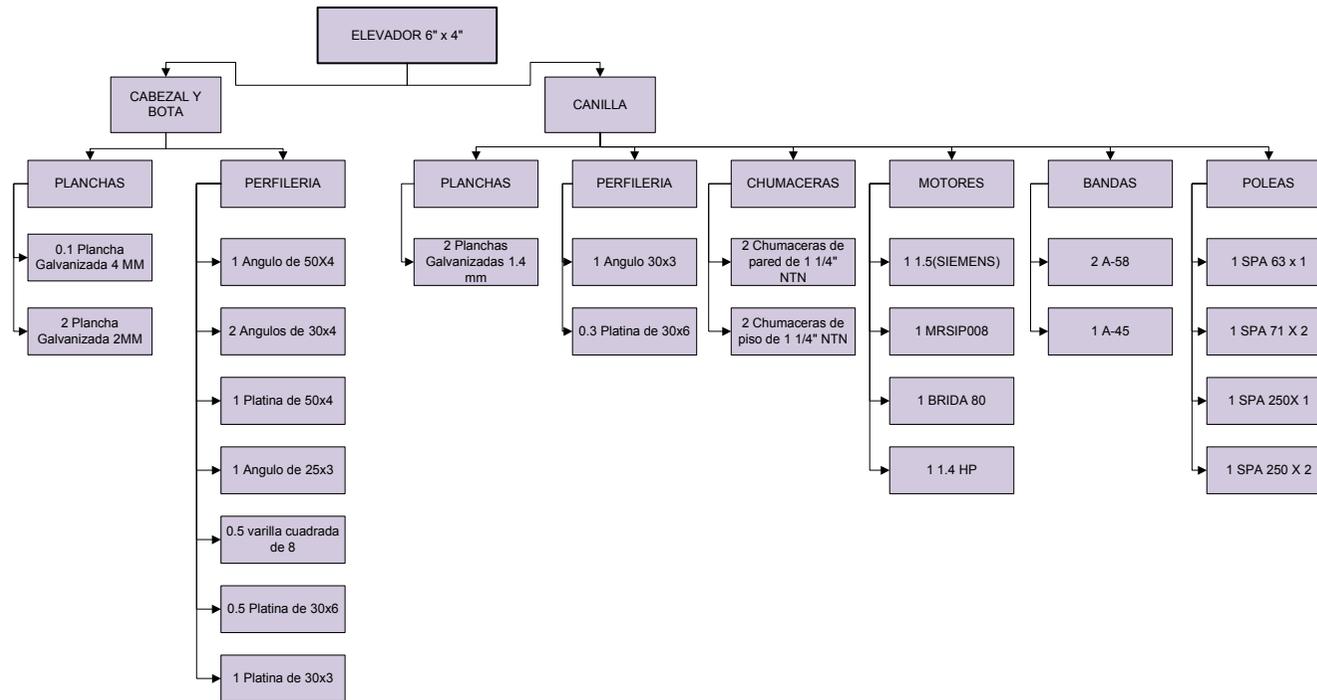
ANEXO 2

Bill of materials de envejecedor cilíndrico de arroz



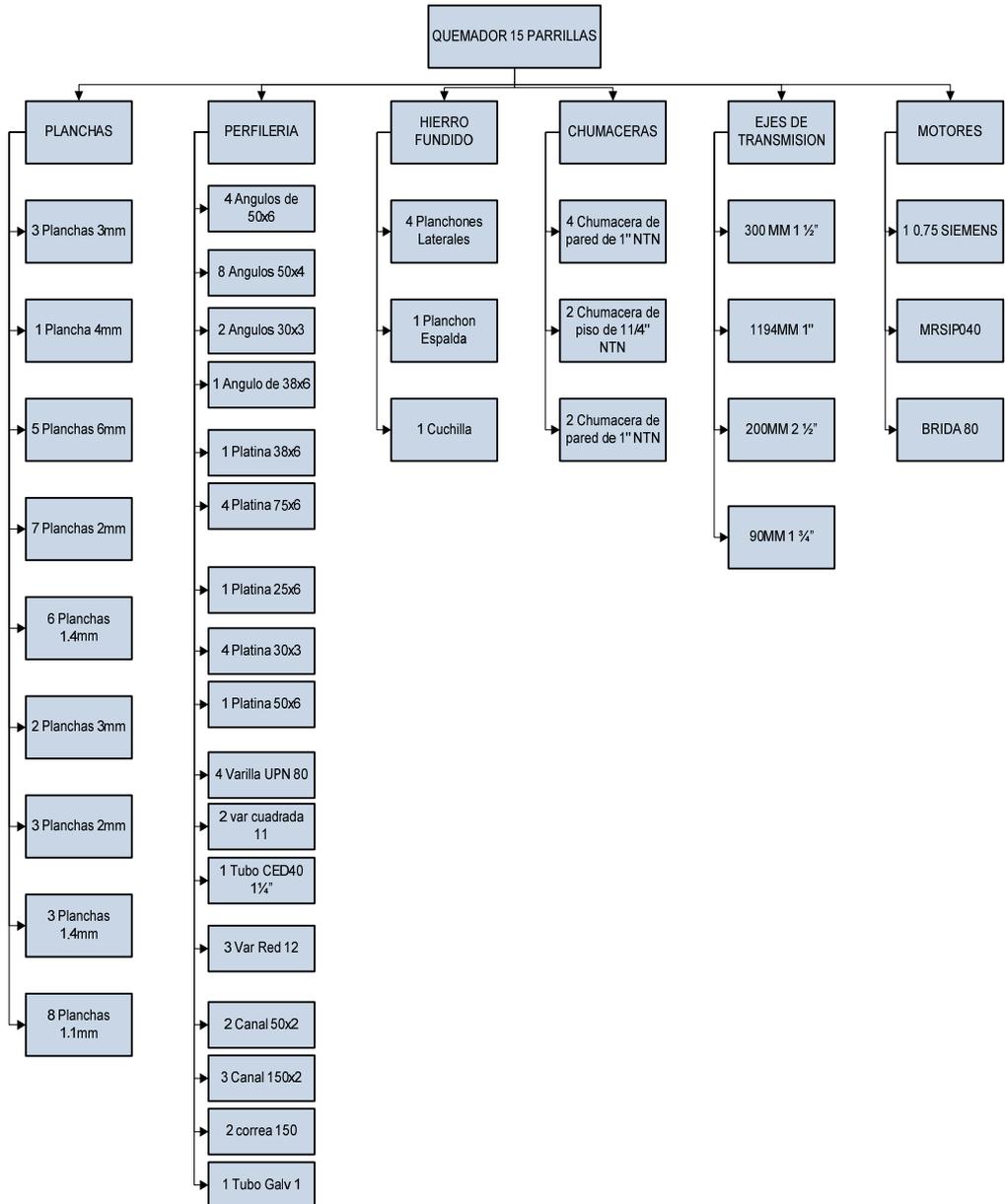
ANEXO 3

Bill of materials elevador



ANEXO 4

BILL OF MATERIAL QUEMADOR DE ARROZ



ANEXO 5

Máquinas principales

TORNO 1 BD-1340



Especificaciones	
KW(MOTOR PRINCIPAL)	1.1/1.5
V	110/220

TORNO 2 MASCUT MA-1860



Especificaciones	
MOTOR PRINCIPAL	5,59 – 7,46 kw
BOMBA REFRIGERANTE	0.09 kw
V	220/240

TORNO 3



Especificaciones	
MOTOR PRINCIPAL	5.625 Kw
BOMBA REFRIGERANTE	0.1 kw
MOTOR RAPIDO	0.1875 KW
V	220/240

TRONZADORAS



Especificaciones	
MOTOR PRINCIPAL	2.2 Kw
V	110

PLASMAS

PLASMA HYPERTHERM POWERMAX 1000



PLASMA POWERMAX30



Especificaciones	
MOTOR PRINCIPAL	1,8 – 4,8 kw
V	120/240

MILLER SPECTRUM 375



Especificaciones	
MOTOR PRINCIPAL	2.4 – 3.4 kw
V	120/230

ROLADORA

Roladora de planchas Force de accionamiento manual, hay dos modelos 1250mm y 2500mm de largo útil de trabajo, ideal para trabajar plancha hasta 1.5mm. Rodillos configurados en "L". Mayor informe consulte en nuestra central telefónica



DOBLADORA



Dobladora 2.50mts largo útil de dobles, 15 dados con terminales en acero crónica T-100, para doblar plancha hasta 2 mm en todo su largo útil 1/8 en tramos de 1.20metros, sistema excéntrico.

EQUIPOS AUXILIARES

PULIDORA



ESPECIFICACIONES	
MOTOR PRINCIPAL	1,2 KW
V	120

SOLDADORA MIG TH225



Especificaciones	
MOTOR PRINCIPAL	4,9 KW
V	127

SOLDADORA LINCOLN AC-225



Especificaciones	
MOTOR PRINCIPAL	3.5-5.6 KW
V	140-225

SOLDADORA CEBORA MIG 3840



Especificaciones	
MOTOR PRINCIPAL	12 KW
V	230-400

CEPILLO



TALADRO-FRESADOR



PRENSA HIDRAULICA



COMPRESORES



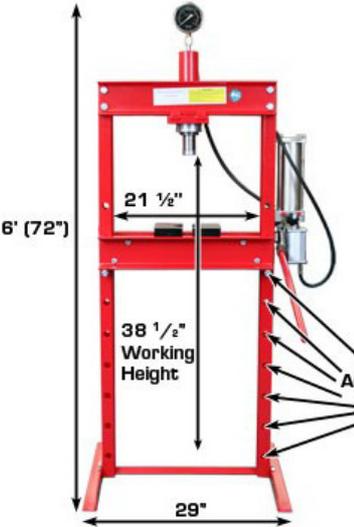
Especificaciones	
MOTOR PRINCIPAL	3.73 kw
V	230

COMPRESOR CAMPBELL HAUSFELD VT6195



Especificaciones	
MOTOR PRINCIPAL	4.489 kw
	V 240

PRENSA HIDRAULICA BAZIL 20 TN



ANEXO 6

Análisis de capacidad

Para realizar el análisis de capacidad, es necesario calcular los siguientes costos:

CM: Costo de la maquinaria: el costo de maquinaria será igual al costo total de todas las máquinas existentes en la planta.

MÁQUINAS	COSTO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
TORNO	\$15.000	3	\$45.000
TRONZADORA	\$800	2	\$1.600
PLASMA	\$3.500	6	\$21.000
ROLADORA	\$3.800	1	\$3.800
DOBLADORA	\$5.500	1	\$5.500
PULIDORA	\$2.989	7	\$20.923
SOLDADORA	\$1.153	7	\$8.071
CEPILLO	\$450	1	\$450
TALADRO-FRESADOR	\$1.500	1	\$1.500
PRENSA-HIDRAULICA	\$1.168	2	\$2.336
COMPRESORES	\$1.980	3	\$5.940
TOTAL			\$116.120

CMu: Costo de maquinaria por unidad: es el costo de maquinaria CM, dividido para la posible extensión.

$$CMu = \frac{116,120}{76} = 1.527,89$$

CMI: Costo cubierto por el mercado insatisfecho: es igual al costo de maquinaria por unidad por el mercado insatisfecho.

$$\mathbf{CMI} = MI \times CMu$$

$$CMI = 57 * 1.527,89 = 87.090$$

Ce: Costo en exceso: el costo en exceso será igual al Costo de la maquinaria menos el costo cubierto por el mercado insatisfecho.

$$\mathbf{Ce} = CM - CMI$$

$$Ce = 116120 - 87090 = 29.030$$

Cc: Costo Corto: es lo que se deja de ganar por no tener capacidad

$$Cc = (PE \times MI) \times PVP$$

$$Cc = (76 * 57) * 10833 = 205.827$$

Podemos afirmar que el Costo en exceso está directamente relacionado al costo de la maquinaria que no se usa.

Una vez obtenidos todos esos costos se obtiene el valor de P, el cual nos sirve para comparar la demanda con la capacidad de la planta.

$$P = \frac{Cc}{Cc + Ce}$$

$$P = \frac{205.827}{205.827 + 29.030} = 0,88$$

Con el valor de P, se consigue el valor de Z por medio de una tabla de distribución normal, y el valor de Z se lo compara con P por medio de una prueba lógica.

Prueba Lógica: *si $(z \geq P) \Rightarrow$ Posible extensión*

$$P = 0,88$$

$$Z = 0,69$$

$$z > P \Rightarrow \textit{original}$$

ANEXO 7

QAP

CARTA FROM – TO

	A	B	C	D	E	F	G	H
	BMP 1	BMP 2	BD	Adm - Diseno	Banos	Area de Pintura	Patio	Area de Descarga
A	BMP 1	--	0	0	0	0	0	24
B	BMP 2	0	--	0	0	240	0	92
C	BD	0	0	--	0	0	0	0
D	Adm - Diseno	0	0	0	--	324	0	30
E	Banos	0	0	0	0	--	13	0
F	Area de Pintura	0	240	112	0	13	--	0
G	Patio	0	0	0	0	0	0	--
H	Area de Descarga	24	138	0	0	0	0	--

MATRIZ DE DISTANCIAS

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	x	17,5	35	52,5	10,95	28,45	45,95	63,45
2	17,5	x	17,5	35	28,45	10,95	28,45	45,95
3	35	17,5	x	17,5	45,95	28,45	10,95	28,45
4	52,5	35	17,5	x	63,45	45,95	28,45	10,95
5	10,95	28,45	45,95	63,45	x	17,5	35	52,5
6	28,45	10,95	28,45	45,95	17,5	x	17,5	35
7	45,95	28,45	10,95	28,45	35	17,5	x	17,5
8	63,45	45,95	28,45	10,95	52,5	35	17,5	x

MATRIZ DE RELACIONES

		1	2	3	4	5	6	7	8
A	H	0	0	0	0	0	0	0	0
B	F	0	0	0	0	0	0	0	0
B	H	0	0	0	0	0	0	0	0
C	F	0	0	0	0	0	0	0	0
D	F	0	0	0	0	0	0	0	0
D	H	0	0	0	0	0	0	0	0
E	F	0	0	0	0	0	0	0	0

38583,4

Funcion Objetivo

En cada una de las celdas de la matriz anterior existen formulas, mediante las cuales se trata de asignar una posición a cada departamento en función de la distancia y la relación existen entre ellos, por ejemplo para la relación entre los departamentos A-H, en la celda señalada, la posición fija en el espacio 1 se le

asigna al departamento A, y el departamento H varía entre las demás posiciones, la siguiente formula seria la aplicada:

= suma de distancias entre los departamentos A-H (de la carta from-to) * la distancia que existiría si el departamento A estuviera en la posición 1 y el H estuviera en la posición 2(de la matriz de distancias) * la asignación de A en el 1 y la asignación de H en el 2(de la matriz de asignación) + suma de distancias entre los departamentos A-I (de la carta from-to) * la distancia que existiría si el departamento A estuviera en la posición 1 y el H estuviera en la posición 3(de la matriz de distancias) * la asignación de A en el 1 y la asignación de H en el 3(de la matriz de asignación) + ...

Función objetivo: La función objetivo es la suma de todos los valores existentes dentro de la matriz de relaciones.

Restricciones:

De la matriz de relaciones:

- La suma de las filas tiene que ser igual a 1.
- La suma de las columnas tiene que ser igual a 1.
- La matriz tiene que ser binaria.

ANEXO 8

Tipos de sistemas de almacenamiento



Cantilever

Estantería en voladizo para cargas de gran tamaño o longitud, como por ejemplo barras, tubos, perfiles, madera o cualquier material cuyo almacenamiento sea muy difícil en estanterías de tipo convencional.

Este sistema de almacenaje es regulable en altura y está disponible para cargas medias



Estanterías con cajones

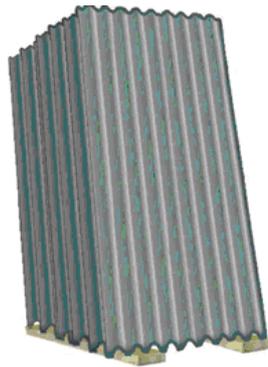
Estantería con cajones para cargas pequeñas, como por ejemplo tornillos, anillos de sujeción, tuercas, o cualquier material cuyo almacenamiento requiera poco espacio, ser identificado fácilmente sin ser confundido con productos similares.



Estanterías

Este sistema se utiliza para almacenar cargas medias. Los niveles de carga se forman con bastidores atornillados y largueros.

Los paneles pueden ser metálicos o de madera y se colocan directamente sobre el apoyo situado en la cara interior de los largueros. Hay travesaños disponibles para aumentar la capacidad de carga.



Almacenamiento de Láminas

En forma vertical, inclinadas y apoyadas contra muros o caballetes de sustentación, debiendo en este caso descansar sus cantos inferiores sobre dos largueros de madera.



Almacenamiento de Cajón

Este sistema se utiliza para el almacenamiento de herramientas, los cajones son de diferentes dimensiones.

Cada cajón posee compartimentos de diferentes tamaños en su interior que permiten colocar llaves, brocas,

	<p>dados, raches, etc.</p>
	<p>Rack estático de doble lado</p> <p>Permite colocar discos, esmeril, entre otros, de tal manera que todos sean visibles y de fácil acceso.</p> <p>Se puede utilizar de ambos lados, aprovechando de una mejor manera el espacio.</p>
	<p>Iluminaria tipo INDUCOM PC</p> <p>Ofrece la mejor solución para iluminación de plantas industriales, bodegas de almacenamiento, grandes superficies comerciales, pasajes comerciales, auditorios, supermercados y centros comerciales. El policarbonato es un material que refleja en su instalación claridad y estética.</p>

ANEXO 9

Tabla comparativa de tiempos de descargas

ESCENARIO ANTERIOR						ESCENARIO PROPUESTO			
Operarios totales	Descripcion	Cant. de producto	Tiempo total de descarga (min)	Costo / operario	Costo total diario	Operarios totales para descarga	Tiempo total de descarga (min)	Costo / operario	Costo total diario
6	TUBOS CUADRADOS	150	165,00	\$2,55	\$7,64	2	55,00	\$2,55	\$2,55
8	PLANCHAS DE 2MM H/N	20	26,67	\$1,23	\$2,47	4	13,33	\$1,23	\$1,23
8	TUBOS GALVANIZADOS	18	26,40	\$0,31	\$1,22	4	6,60	\$0,31	\$0,31
8	PLANCHAS DE 1.4MM	20	26,67	\$1,23	\$2,47	4	13,33	\$1,23	\$1,23
8	PLANCHAS DE 1.4MM H/N	24	32,00	\$1,48	\$2,96	4	16,00	\$1,48	\$1,48
12	PLANCHAS DE 2MM.	50	100,00	\$3,09	\$9,26	8	66,67	\$3,09	\$6,17
16	PLANCHAS PERF RED.	138	368,00	\$8,52	\$34,07	8	184,00	\$8,52	\$17,04
3	ANGULOS LAMINADOS	36	39,60	\$0,31	\$0,92	2	26,40	\$0,31	\$0,61
8	PL. GALV. 1.1MM	36	48,00	\$2,22	\$4,44	4	24,00	\$2,22	\$2,22
8	ANGULOS LAM. 30X4MM	98	300,53	\$0,87	\$6,96	4	150,27	\$0,87	\$3,48
8	TUBOS CUADRADOS	337	494,27	\$5,72	\$22,88	2	123,57	\$5,72	\$5,72
12	PLANCHAS DE 2MM.	50	100,00	\$3,09	\$9,26	4	33,33	\$3,09	\$3,09
6	TUBOS 75X2	39	42,90	\$0,66	\$1,99	2	14,30	\$0,66	\$0,66
12	PLANCHAS GALVANIZADAS	63	126,00	\$3,89	\$11,67	8	84,00	\$3,89	\$7,78
12	PLANCHAS DE 1.4MM	80	160,00	\$4,94	\$14,81	8	106,67	\$4,94	\$9,88
	TOTAL		2056,03		\$133,02		917,47		\$63,45

ANEXO 10

TABLA COMPARATIVA EN PERDIDAS DE TIEMPO DE PRODUCCION POR MANIPULEO DE MATERIALES

Area	Materiales	ESCENARIO ANTERIOR			ESCENARIO PROPUESTO	
		Tiempo de traslado manual diario de materiales (min)	Tiempo diario disponible de produccion (min)	% de tiempo de producción desperdiciado	Tiempo de traslado manual diario de materiales (min)	% de tiempo de producción desperdiciado
Torno	acero de transmisión	12	540	2%	6	1%
Corte	planchas,angulos, tubos,perfiles	10	540	2%	5	1%
Pintura	envases de pinturas	11	540	2%	6	1%
	Total	33		6%	17	3%

ANEXO 11

TABLA COMPARATIVA DE TIEMPO DIARIO PERDIDO POR RECORRIDOS

Área Salida	Área de llegada	ESCENARIO ANTERIOR				ESCENARIO PROPUESTO		
		Distancia (m)	Tiempo recorrido (min.)	Nº veces de recorrido en el día	Tiempo diario perdido en recorrido(min)	Distancia (m)	Tiempo recorrido (min.)	Tiempo diario perdido en recorrido(min)
Adm.	Procesos	106.5	10	6	60	33,56	3,15	18,9
Torno	Baño	96.32	5	2	10	34,47	1,79	3,58
Pintura	Garita	81.32	5	1	5	56,9	3,49	3,49

**ANEXO 12
CLASIFICACIÓN ABC DE MATERIALES**

SKU	Consumo de unidades (item/6 mes)	Valor de consumo (%)	Valor de consumo acum. (%)	ABC's
ANILLOS PLANOS INOXIDABLES	6480	22,9706%	22,9706%	PRODUCTO A
ANILLOS PRESION ACERO NEGRO	5490	19,4612%	42,4319%	
PERNO CE GALVANIZADO	2556	9,0606%	51,4925%	
ANILLOS ACERO GALVANIZADO	2304	8,1673%	59,6598%	
PERNO CE H/GALVANIZADO	1146	4,0624%	63,7222%	
ANILLOS ACERO GALVANIZADO	1020	3,6157%	67,3380%	
PERNO CE GALVANIZADO	980	3,4740%	70,8119%	
PERNOS	605	2,1446%	72,9566%	
ANILLOS ACERO GALVANIZADO	425	1,5066%	74,4631%	
ELECTRODO	400	1,4179%	75,8811%	
TORNILLO AUT	396	1,4038%	77,2848%	
PERNOS D/ESPANSI	300	1,0635%	78,3483%	
ANILLOS PLANOS INOXIDABLES	280	0,9926%	79,3409%	
PERNOS	251	0,8898%	80,2306%	
PERFIL CANAL G	250	0,8862%	81,1168%	PRODUCTO B
VARILLA CORRUGADA SOLDADA	225	0,7976%	81,9144%	
VARILLA CORRUGADA SOLDADA	216	0,7657%	82,6801%	
SOLDADURA	200	0,7090%	83,3891%	
RODAMIENTOS	200	0,7090%	84,0980%	
CABLE DE ACERO GALVANIZADO	186	0,6593%	84,7574%	
PERFIL ANG	165	0,5849%	85,3423%	
PERNOS COMPLETOS	161	0,5707%	85,9130%	
PERNO GALVANIZADO G5UNC	157	0,5565%	86,4696%	
PLANCHA HIERRO NEGRO	150	0,5317%	87,0013%	
VIDRIO TRANSPARENTE	150	0,5317%	87,5330%	
PERFIL CANAL U	139	0,4927%	88,0257%	
DILUYENTE	120	0,4254%	88,4511%	
TACO	120	0,4254%	88,8765%	
RODAMIENTO DE BOLAS	115	0,4077%	89,2842%	
VIDRIO VERDE PARA SOLDAR GRADO 12	100	0,3545%	89,6386%	
TAPONES 1110	100	0,3545%	89,9931%	
GRILLETES PARA CABLE	93	0,3297%	90,3228%	
PLATINA HIERRO NEGRO	84	0,2978%	90,6206%	
PERFIL CANAL U	81	0,2871%	90,9077%	
PLANCHA HIERRO NEGRO	80	0,2836%	91,1913%	

PERNOS COMPLETOS	74	0,2623%	91,4536%	
PERFIL CANAL U	70	0,2481%	91,7018%	
PLANCHA LAMINADA EN FRIO	60	0,2127%	91,9144%	
GUANTES DE CUERO Y LONA	60	0,2127%	92,1271%	
PERNOS ALLENS	60	0,2127%	92,3398%	
ANGULO HIERRO NEGRO	51	0,1808%	92,5206%	
PLANCHA LAMINADA EN FRIO	50	0,1772%	92,6979%	
VIDRIO VERDE PARA SOLDAR GRADO 10	50	0,1772%	92,8751%	
BROCA	50	0,1772%	93,0523%	
BROCA	50	0,1772%	93,2296%	
PLANCHA HIERRO NEGRO	45	0,1595%	93,3891%	
PERNOS	44	0,1560%	93,5451%	
PLANCHA HIERRO NEGRO	44	0,1560%	93,7010%	
PINTURA ROJO OXIDO BRILLO	43	0,1524%	93,8535%	
PLANCHA ACERO GALVANIZADO	40	0,1418%	93,9953%	
ANGULO HIERRO NEGRO	39	0,1382%	94,1335%	
PERFIL CANAL G	36	0,1276%	94,2611%	
VARILLA REDONDA CORRUGADA	32	0,1134%	94,3746%	
PINTURA AMARILLO CATERPILLAR	31	0,1099%	94,4845%	
TUERCAS	30	0,1063%	94,5908%	
GRILLETES PARA CABLE	30	0,1063%	94,6972%	
PLATINA HIERRO NEGRO	27	0,0957%	94,7929%	
PERFIL CANAL U	26	0,0922%	94,8850%	
PERNOS	26	0,0922%	94,9772%	
NOZZLE T60 60A	25	0,0886%	95,0658%	
DISCO ABRASIVO DE DESVASTE METALICO AC INOX	25	0,0886%	95,1544%	
PERFIL CANAL G	24	0,0851%	95,2395%	
PINTURA ROJO ANTICORROSIVO	24	0,0851%	95,3246%	
PERNOS	24	0,0851%	95,4097%	
TACO	24	0,0851%	95,4947%	
CABLE DE ACERO	23	0,0815%	95,5763%	
PLANCHA LAMINADA EN CALIENTE	22	0,0780%	95,6543%	
ANGULO HIERRO NEGRO	21	0,0744%	95,7287%	
ANGULO HIERRO NEGRO	21	0,0744%	95,8031%	
MALLA SOLDADA	21	0,0744%	95,8776%	
PERNOS	21	0,0744%	95,9520%	
SOPORTES	20	0,0709%	96,0229%	
TUBO ESTRUCTURAL NEGRO CUADRADO	20	0,0709%	96,0938%	
TORNILLOS PUNTA DE BROCA	20	0,0709%	96,1647%	
BROCA	20	0,0709%	96,2356%	
CABLE DE ACERO GALVANIZADO	20	0,0709%	96,3065%	

PRODUCTO C

BROCA	20	0,0709%	96,3774%
PINTURA ANTICROMATO GRIS	19	0,0674%	96,4448%
ELECTRODE T60-T80	19	0,0674%	96,5121%
PLANCHA LAMINADA EN CALIENTE	18	0,0638%	96,5759%
PLANCHA LAMINADA EN CALIENTE	17	0,0603%	96,6362%
TUBO ESTRUCTURAL NEGRO CUADRADO	17	0,0603%	96,6964%
PERNOS	17	0,0603%	96,7567%
SOPORTES	16	0,0567%	96,8134%
ANGULO HIERRO NEGRO	16	0,0567%	96,8701%
CABLE DE SOLDAR	16	0,0567%	96,9269%
PLATINA HIERRO NEGRO	16	0,0567%	96,9836%
PLANCHA HIERRO NEGRO	15	0,0532%	97,0368%
ESMALTE SATAQUE	15	0,0532%	97,0899%
DISCO ABRASIVO DE DESVASTE METALICO	15	0,0532%	97,1431%
RUEDA DE CAUCHO	15	0,0532%	97,1963%
DISCO ABRASIVO DE DESVASTE METALICO	15	0,0532%	97,2494%
ANGULO HIERRO NEGRO	14	0,0496%	97,2991%
PLATINA HIERRO NEGRO	14	0,0496%	97,3487%
PLATINA HIERRO NEGRO	14	0,0496%	97,3983%
PERNOS	13	0,0461%	97,4444%
ESLABON PARA CADENA	13	0,0461%	97,4905%
SOPORTES	12	0,0425%	97,5330%
ACERO DE TRANSMISION	12	0,0425%	97,5756%
WIPE	12	0,0425%	97,6181%
TUBO PARA VAPOR	12	0,0425%	97,6606%
PERNOS	12	0,0425%	97,7032%
TACO	12	0,0425%	97,7457%
ANGULO HIERRO NEGRO	11	0,0390%	97,7847%
TUBO ESTRUCTURAL NEGRO CUADRADO	11	0,0390%	97,8237%
VARILLA CUADRADA	11	0,0390%	97,8627%
ACERO DE TRANSMISION	11	0,0390%	97,9017%
PERNOS	11	0,0390%	97,9407%
PERFIL CANAL U	10	0,0354%	97,9761%
PLATINA HIERRO NEGRO	10	0,0354%	98,0116%
SOLDADURA ESTAÑO	10	0,0354%	98,0470%
TORNILLOS PUNTA DE BROCA	10	0,0354%	98,0825%
ESLABON PARA CADENA	10	0,0354%	98,1179%
ANGULO HIERRO NEGRO	9	0,0319%	98,1498%
BRONCE FOSFORICO	8	0,0284%	98,1782%
TUERCAS INOXIDABLES	8	0,0284%	98,2066%

ESLABON PARA CADENA	8	0,0284%	98,2349%
GRILLETES PARA CABLE	8	0,0284%	98,2633%
NOZZLE	7	0,0248%	98,2881%
VALVULA DE BOLA	7	0,0248%	98,3129%
MOTOR/BRIDA SIEMENS	6	0,0213%	98,3342%
TUBO PARA SOLDAR	6	0,0213%	98,3554%
TUBO ESTRUCTURAL NEGRO CUADRADO	6	0,0213%	98,3767%
ANGULO HIERRO NEGRO	6	0,0213%	98,3980%
ELECTRODO	6	0,0213%	98,4192%
TUBO ESTRUCTURAL GALVANIZADO REDONDO	6	0,0213%	98,4405%
CAÑERIA GALVANIZADA ISO-2	6	0,0213%	98,4618%
TUBO PARA VAPOR CED #40	6	0,0213%	98,4831%
ELEMENTOS	6	0,0213%	98,5043%
ACERO INOXIDABLE	6	0,0213%	98,5256%
PORTA ELECTRODO	6	0,0213%	98,5469%
VARILLA CUADRADA	6	0,0213%	98,5681%
BARRA HIERRO REDONDA LISA	6	0,0213%	98,5894%
PINZA TIERRA	6	0,0213%	98,6107%
ACERO DE TRANSMISION	6	0,0213%	98,6319%
ACERO DE TRANSMISION	6	0,0213%	98,6532%
PLANCHA ACERO INOXIDABLE T-304	5	0,0177%	98,6709%
RODAMIENTOS	5	0,0177%	98,6887%
ANGULO HIERRO NEGRO	5	0,0177%	98,7064%
PLANCHA LAMINADA EN CALIENTE	5	0,0177%	98,7241%
PIÑON SENCILLO	5	0,0177%	98,7418%
PLANCHA ACERO GALVANIZADO	5	0,0177%	98,7596%
PERFIL CANAL G	5	0,0177%	98,7773%
BANDA	5	0,0177%	98,7950%
ESMALTE BLANCO HUESO	5	0,0177%	98,8127%
POLEA SPA 2 CANAL	5	0,0177%	98,8304%
ELECTRODE	5	0,0177%	98,8482%
LACA	5	0,0177%	98,8659%
MARCADOR P/METAL	5	0,0177%	98,8836%
TUERCAS	5	0,0177%	98,9013%
WIPE	5	0,0177%	98,9191%
ACERO DE TRANSMISION	5	0,0177%	98,9368%
NYLON SOLIDO EST	4,93	0,0175%	98,9543%
MOTOR/BRIDA SIEMENS	4	0,0142%	98,9684%
TUBO ESTRUCTURAL NEGRO CUADRADO	4	0,0142%	98,9826%
SOPORTES	4	0,0142%	98,9968%
CHUMACERA	4	0,0142%	99,0110%

PERFIL CANAL G	4	0,0142%	99,0252%
SOPORTES	4	0,0142%	99,0393%
PIÑON SENCILLO	4	0,0142%	99,0535%
ANGULO HIERRO NEGRO	4	0,0142%	99,0677%
PLATINA HIERRO NEGRO	4	0,0142%	99,0819%
CHUMACERA	4	0,0142%	99,0961%
PLATINA HIERRO NEGRO	4	0,0142%	99,1102%
VARILLA REDONDA LISA	4	0,0142%	99,1244%
PERNOS DE 2 TUERCAS	4	0,0142%	99,1386%
REDUCTOR LINEA	3	0,0106%	99,1492%
REDUCTOR LINEA	3	0,0106%	99,1599%
REDUCTOR LINEA	3	0,0106%	99,1705%
POLEA SPB 4 CANAL	3	0,0106%	99,1811%
PLANCHA LAMINADA EN CALIENTE	3	0,0106%	99,1918%
MOTOR/BRIDA SIEMENS	3	0,0106%	99,2024%
MOTOR TRIFÁSICO	3	0,0106%	99,2130%
CADENA DE TRANSMISION	3	0,0106%	99,2237%
RODAMIENTOS	3	0,0106%	99,2343%
CADENA DE TRANSMISION	3	0,0106%	99,2449%
BUSHING 3535	3	0,0106%	99,2556%
PIÑON SENCILLO	3	0,0106%	99,2662%
CADENA DE TRANSMISION	3	0,0106%	99,2769%
BANDA	3	0,0106%	99,2875%
BUSHING 3020	3	0,0106%	99,2981%
PERFIL CANAL U	3	0,0106%	99,3088%
PINTURA TAN AZUL ESPANOL	3	0,0106%	99,3194%
TUBO ESTRUCTURAL GALVANIZADO	3	0,0106%	99,3300%
BOQUILLAS	3	0,0106%	99,3407%
VARILLA REDONDA LISA	3	0,0106%	99,3513%
BUSHING 1610	3	0,0106%	99,3619%
BUSHING 1610	3	0,0106%	99,3726%
BANDA	3	0,0106%	99,3832%
PLATINA HIERRO NEGRO	3	0,0106%	99,3938%
ACERO CUÑA	3	0,0106%	99,4045%
VARILLA CUADRADA	3	0,0106%	99,4151%
BARRA HIERRO CUADRADA	3	0,0106%	99,4257%
ACERO DE TRANSMISION	3	0,0106%	99,4364%
RODAMIENTOS	3	0,0106%	99,4470%
REDUCTOR LINEA	2	0,0071%	99,4541%
MOTOR TRIFÁSICO	2	0,0071%	99,4612%
PLANCHA HIERRO NEGRO	2	0,0071%	99,4683%
MOTOR SIEMENS	2	0,0071%	99,4754%
POLEA SPB 5 CANAL	2	0,0071%	99,4825%
ACRILICA	2	0,0071%	99,4895%

CILINDRO DE OXIGENO	2	0,0071%	99,4966%
POLEA SPB 4 CANAL	2	0,0071%	99,5037%
ESMALTE PACIFICO GRIS MATE	2	0,0071%	99,5108%
SOPORTES	2	0,0071%	99,5179%
TUBO ESTRUCTURAL NEGRO REDONDO	2	0,0071%	99,5250%
SOPORTES	2	0,0071%	99,5321%
PIÑON SENCILLO	2	0,0071%	99,5392%
PLATINA HIERRO NEGRO	2	0,0071%	99,5463%
TUBO ESTRUCTURAL GALVANIZADO	2	0,0071%	99,5533%
SOPORTES	2	0,0071%	99,5604%
RUEDAS PARA PLATAFORMA	2	0,0071%	99,5675%
TUBO REDONDO	2	0,0071%	99,5746%
TUBO ESTRUCTURAL NEGRO REDONDO	2	0,0071%	99,5817%
NOZZLE	2	0,0071%	99,5888%
BUSHING 2517	2	0,0071%	99,5959%
CHUMACERA	2	0,0071%	99,6030%
ACERO INOXIDABLE	2	0,0071%	99,6101%
PINTURA ROJO ESMALTE	2	0,0071%	99,6172%
CAUTIN DE COBRE ALEMAN	2	0,0071%	99,6242%
ACERO INOXIDABLE	2	0,0071%	99,6313%
PIÑON SENCILLO	2	0,0071%	99,6384%
PINON SENCILLO	2	0,0071%	99,6455%
ENVASE METAL	2	0,0071%	99,6526%
BROCA	2	0,0071%	99,6597%
PIÑON SENCILLO	2	0,0071%	99,6668%
GARRUFLA FIJA DE ALUMINIO	2	0,0071%	99,6739%
RUEDA ALEMAN FIJA	2	0,0071%	99,6810%
PLATINA HIERRO NEGRO	2	0,0071%	99,6881%
PLATINA HIERRO NEGRO	2	0,0071%	99,6951%
MACHUELOS HAND TAPS JUEGOS	2	0,0071%	99,7022%
VARILLAS ROSCADAS	2	0,0071%	99,7093%
ESLABON PARA CADENA	2	0,0071%	99,7164%
ELEMENTOS	2	0,0071%	99,7235%
BANDA	2	0,0071%	99,7306%
VARILLA REDONDA LISA	2	0,0071%	99,7377%
ACERO CUÑA	2	0,0071%	99,7448%
MOTOR TRIFÁSICO	1	0,0035%	99,7483%
BANDA REF. CLINA 12CF	1	0,0035%	99,7519%
MOTOR	1	0,0035%	99,7554%
REDUCTOR LINEA	1	0,0035%	99,7590%
MOTOR TRIFÁSICO	1	0,0035%	99,7625%
PLANCHA ACERO INOXIDABLE T-304	1	0,0035%	99,7660%

COMPRESOR	1	0,0035%	99,7696%
BANDA SIN FIN	1	0,0035%	99,7731%
REDUCTOR LINEA	1	0,0035%	99,7767%
REDUCTOR ANGULAR	1	0,0035%	99,7802%
REDUCTOR ANGULAR	1	0,0035%	99,7838%
MOTOR SIEMENS	1	0,0035%	99,7873%
MOTOR TRIFÁSICO	1	0,0035%	99,7909%
REDUCTOR LINEA	1	0,0035%	99,7944%
REDUCTOR ANGULAR	1	0,0035%	99,7979%
MOTOR MONOFASICO	1	0,0035%	99,8015%
MOTOR SIEMENS	1	0,0035%	99,8050%
RODAMIENTOS	1	0,0035%	99,8086%
MOTOR/BRIDA SIEMENS	1	0,0035%	99,8121%
PERFIL CANAL U	1	0,0035%	99,8157%
PIÑÓN SENCILLO	1	0,0035%	99,8192%
POLEA SPB 4 CANAL	1	0,0035%	99,8228%
POLEA SPB 4 CANAL	1	0,0035%	99,8263%
ESMALTE PACIFICO AMARILLO	1	0,0035%	99,8298%
CATERPILLAR			
ESMALTE PACIFICO ROJO OXIDO	1	0,0035%	99,8334%
BANDA	1	0,0035%	99,8369%
EJE DE ACERO INOXIDABLE	1	0,0035%	99,8405%
CADENA DE TRANSMISION	1	0,0035%	99,8440%
BANDA	1	0,0035%	99,8476%
PLANCHA ACERO GALVANIZADO	1	0,0035%	99,8511%
CORREA G	1	0,0035%	99,8547%
PIÑÓN SENCILLO	1	0,0035%	99,8582%
TUBO GALVANIZADO	1	0,0035%	99,8618%
TUBO ESTRUCTURAL GALVANIZADO	1	0,0035%	99,8653%
REDONDO			
PINTURA FORMATO GRIS	1	0,0035%	99,8688%
PIÑÓN SENCILLO	1	0,0035%	99,8724%
TUBO ESTRUCTURAL NEGRO	1	0,0035%	99,8759%
CUADRADO			
POLEA SPA 3 CANAL	1	0,0035%	99,8795%
POLEA SPA 1 CANAL	1	0,0035%	99,8830%
BANDA	1	0,0035%	99,8866%
PIÑÓN SENCILLO	1	0,0035%	99,8901%
ALUMINIO	1	0,0035%	99,8937%
VARILLA INOXIDABLE	1	0,0035%	99,8972%
BROCA	1	0,0035%	99,9007%
PERFIL CANAL G	1	0,0035%	99,9043%
PERFIL CANAL G	1	0,0035%	99,9078%
PINTURA ROJO OXIDO MATE	1	0,0035%	99,9114%

ACERO INOXIDABLE	1	0,0035%	99,9149%
ALUMINIO	1	0,0035%	99,9185%
ACERO INOXIDABLE	1	0,0035%	99,9220%
GARRUFLA GIRATORIA ALUMINIO	1	0,0035%	99,9256%
RUEDA ALEMAN GIRATORIA	1	0,0035%	99,9291%
PLATINA HIERRO NEGRO	1	0,0035%	99,9326%
PLATINA HIERRO NEGRO	1	0,0035%	99,9362%
PORTA CARBONES	1	0,0035%	99,9397%
BUSHING 1210	1	0,0035%	99,9433%
BUSHING 1610	1	0,0035%	99,9468%
ACERO CUÑA	1	0,0035%	99,9504%
ACERO DE TRANSMISIÓN	1	0,0035%	99,9539%
BUSHING 1108	1	0,0035%	99,9575%
ACERO DE TRANSMISION	1	0,0035%	99,9610%
ACERO DE TRANSMISIÓN	1	0,0035%	99,9646%
ACERO DE TRANSMISION	1	0,0035%	99,9681%
ACERO DE TRANSMISION	1	0,0035%	99,9716%
ALAMBRE/BOBINAS	1	0,0035%	99,9752%
ACERO DE TRANSMISION	1	0,0035%	99,9787%
ACERO CUÑA	1	0,0035%	99,9823%
BANDA	1	0,0035%	99,9858%
BANDA	1	0,0035%	99,9894%
ACERO DE TRANSMISION	1	0,0035%	99,9929%
CARETA SOLDAR	1	0,0035%	99,9965%
POLEA SPB 3 CANAL	1	0,0035%	100,0000%

**ANEXO 13
STOCK MÍNIMO Y DE SEGURIDAD**

SKU	Consumo de unidades (item/6 mes)	Consumo de unidades (item/diario)	Consumo máximo de unidades (item/diario)	Tasa de rotación promedio diaria	Tasa de rotación máxima diaria	Stock mínimo	Stock seguridad	Stock máximo	Valor de consumo (%)	Valor de consumo acum. (%)	ABC's
ANILLOS PLANOS INOXIDABLES	6480	54	300	2	3	108	118,8		22,9706%	22,9706%	A
VARILLA CORRUGADA SOLDADA	225	2	5	1	2	2	2,2		0,7976%	81,9144%	B
PLANCHA LAMINADA EN CALIENTE	22	0,18	6	1	2			12	0,0780%	95,6543%	C

BIBLIOGRAFIA

- (1) **Las Siete Herramientas de la Calidad**, Carlos Rene Elvir
<http://www.monografias.com/trabajos11/contrest/contrest.shtml>
- (2) **Diseño de distribución en planta de una empresa textil**, Marco Teórico, Martin Muñoz Cabanillas.
- (3) **PLANT LAYOUT AND DESIGN**,
MOORE,
JAMES M. , MC MILLAN COMPANY
- (4) **Diplomado en Calidad en el Software**, Juan Antonio Vega Fernández - Tecnológico de Monterrey, 1999
- (5) **Estudio de Tiempos y Movimientos**, Ingeniería Industrial, Niebel, Benjamin, AlfaOmega, 1996
- (6) **Introducción a la teoría general de la administración**, Chiavenato, Idalberto, , McGraw-Hill, 1995
- (7) **Estudio de Tiempos y Movimientos**, M.E. Mundel, , Continental, 1984
- (8) **Estudio de movimientos y tiempos en la administración**, ingeniería industrial..
- (9) Sociedad Latinoamericana para la Calidad
- (10) Algoritmo Evolutivo Paralelo para Problemas de Asignación Cuadrática

- (11) **Algoritmo Genético Aplicado a Problemas de Localización de Facilidades.** Tesis de Maestría. Facultad de [Ingeniería. Universidad](#) de Carabobo, Ninoska Maneiro., 2001.
- (12) **Parallelization of Population - Based Evolutionary algorithms** for Combinatorial Optimization Problems. Doctoral thesis. École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Patrice Roger Calgari. Lausanne - [Francia](#), 1999.
- (13) **Producción, procesos y operaciones,** Juan Ramón Martínez, 2002