



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

"Diseño e Implementación de líneas de producción para baños ecológicos
y refugios de PVC a beneficio de las víctimas del terremoto del
16/04/2016"

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:
INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:
John Paúl Adrián Perea
Juan Pablo Paredes Rueda

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios ante todo, por permitirme llegar hasta este punto de mi vida, a mis padres, abuelos y hermano por el apoyo incondicional en la búsqueda de mis objetivos, siendo siempre importantes en los distintos escenarios a los que me llevó este largo camino.

A los compañeros y amigos que ayudaron no solo a que este largo camino sea más fácil de atravesar si no también aportando conocimientos y formas de pensar que sin lugar a duda me ayudaron a crecer más como persona a lo largo de la carrera.

Además, también a los profesores que me brindaron no solo conocimientos y experiencias sino también los valores politécnicos tan necesarios a nivel profesional, en especial a la PhD. María Denise Rodríguez por su soporte brindado a lo largo del presente proyecto.

Juan Pablo Paredes.

A Dios, por acompañarme siempre y permitirme llegar hasta aquí, a mi mamá por ser el pilar de mi vida en todo momento motivándome siempre a superarme, a mi papá por sus consejos que me impulsaron a seguir, a mis hermanos Johnny y José por su apoyo constante.

A los estudiantes de Ingeniería Industrial que formaron parte del proyecto, que sin su incondicional ayuda nunca pudiera haberse llevado a cabo:

Mariam Paredes.

Hilda León.

Emilio Illescas.

Gabriel Serrato.

Miguel Guerrero.

Luis Espinoza.

Ángel Guevara.

Johnny Rodríguez.

Osmar Sandoval.

Henry Flores.

A todas las personas que llegaron a mi vida en estos últimos años y etapa de la universidad, que me ayudaron a ser mejor y siempre estuvieron ahí. Y a aquellos que aunque ya no estén a mi lado, los mantendré siempre vivos en mis recuerdos.

Sólo podría decirles gracias por ser parte de mi vida.

John Adrián.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



John Paúl Adrián Perea

Autor 1



Juan Pablo Paredes Rueda

Autor 2



PhD Denise Rodríguez Z.

TUTOR DE MATERIA

INTEGRADORA

RESUMEN

El Ecuador vivió uno de sus desastres naturales más destructivos de los últimos años, un terremoto con magnitud de 7.8 en la escala de Richter ocurrido el 16 de Abril del 2016, aproximadamente a las 19h00 y con epicentro en la ciudad de Pedernales, el cual dejó aproximadamente alrededor de 29000 víctimas pertenecientes a las provincias de Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Santa Elena y Santo Domingo. Muchas de estas personas se quedaron sin sus hogares, por la destrucción total o parcial de las construcciones, y sin acceso a servicios básicos.

Como respuesta a este problema se implementó una línea de producción de Refugios hechos de tubos PVC y se diseñó una línea de producción de Baños Ecológicos, "Taladros de la Tierra", para responder a las necesidades emergentes de las víctimas y poder proveerlos de refugios temporales y baños ecológicos para sus necesidades básicas y diario vivir.

Estas líneas se diseñaron mediante el Proceso de Planificación de Instalaciones para las instalaciones de fabricación y montaje, y la aplicación de proyectos de mejora en Calidad, Seguridad y Control de Producción. Con ello se cumplió con una producción total de 19 refugios para la localidad de Sucre, con capacidad de poder expandir en la línea. Y el diseño de una línea de baños ecológicos "Taladros de la Tierra", para descartar la necesidad de importar este equipo, y puedan ser elaborados en el país.

Palabras Clave: Diseño, Flujo, Precedencia, Layout, Simulación, Balanceo y Control.

ABSTRACT

Ecuador experienced one of its most destructive natural disasters in recent years, a 7.8 Richter scale earthquake occurred on April 16, 2016. At approximately 19:00 and had an epicenter in the City of Pedernales, which left approximately 29000 victims in the provinces of Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Santa Elena and Santo Domingo, these persons lost their homes, due to the total or partial destruction of buildings, and access to basic services.

In response to this problem we implemented a production line of PVC Shelters and designed a production line of Ecological Bathrooms, "Earth Drills", to meet the emerging needs of victims and to provide them with temporary shelters and ecological toilets for their basic needs and daily living.

We used the techniques of Facilities Planning Process for manufacturing and assembly facilities, and the implementation of improvements projects in Quality, Security and Production Control.

A total production of 19 shelters for Sucre, with capacity to expand the line was accomplished also we created a line of Ecological Bathrooms, "Earth Drills", to rule out the need to import this equipment, and develop it in the country.

Keywords: *Design, Flow, Precedence, Layout, Simulation, Balancing and Control.*

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
DECLARACIÓN EXPRESA.....	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ABREVIATURAS.....	x
SIMBOLOGÍA.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	3
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	3
1.1 Objetivos	9
1.1.1 Objetivo general	9
1.1.2 Objetivos específicos.....	9
1.1.3 Marco teórico.....	9
1.1.3.1 5 w's.....	9
1.1.3.2 Voz del Cliente (Voice of Costumer).....	9
1.1.3.3 Flujo de Líneas de Producción	10
1.1.3.4 Estudio de Tiempos.....	11
1.1.3.5 Planeación Sistemática de la Distribución	12
1.1.3.6 Balanceo de Línea	13
1.1.3.7 Cartas de Control Estadístico	13
1.1.3.8 Simulación.....	14
1.1.3.9 Framework, selección de Sistema de Control de Producción	15
CAPÍTULO 2.....	17
2. METODOLOGÍA.....	17
2.1 Método integrado.....	17

2.2 Refugio de PVC.....	18
2.2.1 Investigación de Mercado.....	18
2.2.2 Análisis de diseño del producto	18
2.2.3 Diseño del proceso productivo.....	23
2.2.3.1 Diagramas de Operaciones.....	24
2.2.3.2 Flujo de materiales.....	26
2.2.4 Etapas del Diseño del Layout	26
2.2.4.1 Primer Diseño Ideal del Layout.....	26
2.2.4.2 Unidad de carga.....	27
2.2.4.3 Layout actual.....	29
2.2.4.4 Gestión del personal	34
2.2.5 Selección del Sistema de Control de Producción.....	38
2.3 Baños Ecológicos.....	40
2.3.1 Investigación de Mercado.....	40
2.3.2 Análisis de diseño del producto	45
2.3.3 Diseño del proceso productivo.....	48
2.3.3.1 Diagramas de Operaciones.....	49
2.3.3.2 Flujo de materiales.....	51
2.3.4 Etapas del Diseño del Layout	52
2.3.4.1 Primer Diseño Ideal del Layout.....	52
2.3.4.2 Unidad de carga.....	53
2.3.4.3 Layout Actual	56
2.4 Proyectos de Mejora.....	62
2.4.1 Cartas de Control Estadístico	62
2.4.2 Diseño de Planos	65
2.4.3 Estudio de Tiempos y Movimientos	66
2.4.4 Análisis Ergonómico	70
2.4.5 Análisis de Seguridad Industrial.....	75
2.4.6 Balanceo de línea.....	78

2.4.7 Simulación.....	79
2.5 Evaluación Financiera	89
2.5.1 Línea de producción de refugios PVC	89
2.5.1.1 Determinación del costo unitario del refugio PVC.....	89
2.5.2 Línea de producción de Baños Ecológicos	91
2.5.2.1 Capital de trabajo	91
2.5.2.2 Plan de financiamiento	92
2.5.2.3 Presupuesto de venta	93
2.5.2.4 Presupuesto para sueldos.....	95
2.5.2.5 Presupuesto de costos operativos.....	96
CAPÍTULO 3	99
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	99
3.1 Evaluación del Sistema de Control de la Producción	99
3.2 Resultados de la Simulación del Sistema de Control de la Producción.....	100
3.3 Resultados de la Evaluación Financiera	107
3.4 Conclusiones Financieras.....	109
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	110
BIBLIOGRAFÍA	112
APÉNDICE A	113

ABREVIATURAS

EDCOM Escuela de Diseño y Comunicación Social.

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral.

PPC Production Planning and Control.

SIMBOLOGÍA

mil	Milésima de pulgada.
mg	Miligramo.
m	Metro.
Km	Kilómetro.
U	Unidades.
Min	Minutos.
Th	Throughput / Tasa de Salida.
WIP	Work in Process / Trabajo en proceso.
CT	Cycle Time / Tiempo de ciclo para un producto.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Porcentaje de Construcciones Afectadas y Destruídas por localidad.....	3
Figura 1.2: Porcentaje de Población Total con alguna construcción afectada o destruida por Localidad.....	4
Figura 1.3: Modelo de Preferencia del Cliente.....	10
Figura 1.4: Tipos de Flujos en el Sistema de Logística.....	11
Figura 1.5: Esquema del Systematic Layout Planning.....	12
Figura 1.6: Línea de Ensamble de ciclo rápido.....	13
Figura 1.7: Ejemplo de Carta de Control.	14
Figura 1.8: Etapas de la Simulación.	15
Figura 2.1: Método Integrado para desarrollo de Líneas de Producción.....	17
Figura 2.2: Refugio hecho de PVC ensamblado.....	19
Figura 2.3: Refugio PVC.....	19
Figura 2.4: Cortes necesarios de tubos 3 metros para Refugio de PVC.....	20
Figura 2.5: Uniones necesarias para la conformación del refugio de PVC.....	20
Figura 2.6: Lonas de cubierta de Refugio de PVC.....	21
Figura 2.7: Explosión de materiales del refugio de PVC.....	21
Figura 2.8: Diseño de kit de tubos cortados según dimensiones del diseño.	22
Figura 2.9: Producto final de la línea de producción de refugios de PVC.	22
Figura 2.10: Macro Proceso de elaboración del Kit de Refugio.	23
Figura 2.11: Diagrama de operaciones del kit de refugio de PVC.....	25
Figura 2.12: Diagrama de precedencia Kit refugio PVC.....	26
Figura 2.13: Primer diseño ideal del layout representando flujo de materiales de la línea.	27
Figura 2.14: Relación de proximidad de estaciones línea de producción de refugios de PVC. .	30
Figura 2.15: Relación de actividades de línea de producción de Refugios de PVC.....	31
Figura 2.16: Opciones de layout para la línea de Refugios de PVC, con su respectiva ratio de eficiencia.	32
Figura 2.17: Distribución de línea de Producción de Refugios de PVC actual.	32
Figura 2.18: Vista superior del layout actual de la línea de producción de Refugios de PVC....	33
Figura 2.19: Instalaciones de UGA, donde se encuentra la línea de producción.	34
Figura 2.20: Proceso de Reclutamiento y Selección.....	36
Figura 2.21: Capacidad de Producción vinculada la Planificación del Personal.....	37
Figura 2.22: Niveles de Operación de Agua Potable en el País.....	41
Figura 2.23: Gráfico de Mercado de viviendas segmentado por tipo de servicio higiénico.....	43
Figura 2.24: Baño Ecológico instalado.	46
Figura 2.25: Máquina Inyectora de plástico.	46

Figura 2.26: Explosión de materiales del Baño Ecológico.	47
Figura 2.27: Producto Final Baño Ecológico.....	48
Figura 2.28: Macro Proceso de elaboración del Baño Ecológico.	48
Figura 2.29: Diagrama de operaciones del baño ecológico.	51
Figura 2.30: Diagrama de precedencia de Baños Ecológicos.....	52
Figura 2.31: Primer diseño ideal del layout representando flujo de materiales de la línea.	53
Figura 2.32: Relación de proximidad de estaciones línea de producción de baños ecológicos.	57
Figura 2.33: Relación de actividades de línea de producción de Baños Ecológicos.	58
Figura 2.34: Opciones de layout para la línea de Baños Ecológicos, con sus respectivos ratios de eficiencia.	59
Figura 2.35: Distribución de línea de Producción de Baños Ecológicos.....	60
Figura 2.36: Vista superior del layout actual de la línea de producción de Baños Ecológicos... ..	60
Figura 2.37: Tipos de Holguras.	67
Figura 2.38: Tipo de distribución tiempos de refugios de PVC.....	69
Figura 2.39: Comparación de Capacidades Línea sin Balancear vs Línea Balanceada.....	78
Figura 2.40: Comparación de Capacidades Líneas Baños sin Balancear vs Línea Balanceada.	79
Figura 2.41: Entidades del Modelo de Simulación Refugios de PVC.....	81
Figura 2.42: Modelo de Simulación Refugios de PVC.	81
Figura 2.43: Reporte General Línea de PVC sin CONWIP Utilización de estaciones.	81
Figura 2.44: Reporte General Línea de PVC sin CONWIP Niveles de TH y WIP.....	82
Figura 2.45: Reporte General Línea de PVC sin CONWIP Tiempo de Ciclo Kit.	82
Figura 2.46: Comparación de Proceso Línea sin CONWIP vs Línea con CONWIP.	83
Figura 2.47: Reporte General Línea de PVC CONWIP WIP=1 Utilización de estaciones.	84
Figura 2.48: Reporte General Línea de PVC CONWIP WIP=1 Niveles de TH y WIP.	84
Figura 2.49: Reporte General Línea de PVC CONWIP WIP=1 Tiempo de Ciclo Kit.	84
Figura 2.50: Entidades del Modelo de Simulación de Baños Ecológicos.	85
Figura 2.51: Modelo de Simulación de Baños Ecológicos.	85
Figura 2.52: Reporte General Línea de Baños Ecológicos sin CONWIP Utilización de estaciones.	86
Figura 2.53: Reporte General Línea de Baños Ecológicos sin CONWIP Niveles de TH y WIP.	86
Figura 2.54: Reporte General Línea de Baños Ecológicos Tiempo de Ciclo del proceso.....	86
Figura 2.55: Comparación de Proceso Línea de Baños Ecológicos sin CONWIP vs Línea con CONWIP.	87
Figura 2.56: Reporte General Línea de Baños Ecológicos CONWIP WIP=12, utilización de estaciones.....	88

Figura 2.57: Reporte General Línea de Baños Ecológicos CONWIP WIP=12, niveles de TH y WIP.	88
Figura 2.58: Reporte General Línea de Baños Ecológicos CONWIP WIP=12, tiempo de ciclo del proceso.	88
Figura 3.1: Tesis Doctoral; Determining the Most Appropriate Production Planning and Control System for Small Enterprises: Framework and field tests; Marcos Nicolajeeff Buestán Benavides.	100
Figura 3.2: Reporte General Línea de PVC CONWIP WIP=2 Utilización de estaciones.	100
Figura 3.3: Reporte General Línea de PVC CONWIP WIP=2 Niveles de TH y WIP.	101
Figura 3.4: Reporte General Línea de PVC CONWIP WIP=2 Tiempo de Ciclo Kit.	101
Figura 3.5: Comparación Niveles de Utilización Modelo Sin CONWIP vs con CONWIP.	102
Figura 3.6: Comparación Niveles de WIP y TH Modelo Sin CONWIP vs con CONWIP.	102
Figura 3.7: Comportamiento de los parámetros del Proceso de Producción de Refugios de PVC.	103
Figura 3.8: Reporte General Línea de Baños Ecológicos sin CONWIP ni balanceo, unidades producidas.	104
Figura 3.9: Reporte General Línea de Baños Ecológicos CONWIP WIP=12, unidades producidas.	104
Figura 3.10: Comparación Niveles de Utilización Modelo Sin CONWIP vs Con CONWIP.	105
Figura 3.11: Comparación Niveles de WIP y TH Modelo Sin CONWIP vs Con CONWIP.	105
Figura 3.12: Comportamiento de los Parámetros del Proceso de Producción de Baños Ecológicos.	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Provincias con Servicio Eléctrico.	5
Tabla 2: Número Total de Familias y Personas Albergadas.	6
Tabla 3: Número Total de Familias y Personas Refugiadas.	7
Tabla 4: Planteamiento del Problema.	8
Tabla 5: Dimensiones y categorías propuestas en el Framework para selección del PPC's. ...	16
Tabla 6: Matriz de Desarrollo de Investigación de Mercado.	18
Tabla 7: Demanda Potencial Refugio PVC.	18
Tabla 8: Unidad de carga y representación gráfica de movimiento realizado por operario.	28
Tabla 9: Elementos para Elaborar un Kit Refugio.	29
Tabla 10: Códigos empleados para determinar la relación de proximidad (precedencia).	30
Tabla 11: Requerimientos de espacio para la línea de producción de refugios de PVC según la disponibilidad (actual limitante).	31
Tabla 12: Perfil Puesto de Trabajo Línea de Refugios de PVC.	35
Tabla 13: Planificación del Personal en la Línea de Producción (Día Viernes).	36
Tabla 14: Planificación del Personal en la línea de Producción (Día Lunes).	37
Tabla 15: Evaluación Dimensiones y Categorías Propuestas en Framework de Kanban, para selección del PPC's acorde al ambiente de manufactura.	38
Tabla 16: Evaluación Dimensiones y Categorías propuestas en Framework de CONWIP, para selección del PPC's acorde al ambiente de manufactura.	38
Tabla 17: Evaluación Dimensiones y Categorías propuestas en Framework de S-DBR, para selección del PPC's acorde al ambiente de manufactura.	39
Tabla 18: Evaluación Dimensiones y Categorías propuestas en Framework de MRP, para selección del PPC's acorde al ambiente de manufactura.	39
Tabla 19: Matriz de Desarrollo de Investigación de Mercado.	40
Tabla 20: Total de Familias y Personas Refugiadas por Provincia y Cantón.	41
Tabla 21: Mercado de Viviendas Segmentado por Tipo de Servicio Higiénico por Área.	42
Tabla 22: Porcentaje de Mercado de viviendas porcentual nacionales segmentado por tipo de servicio higiénico.	43
Tabla 23: Tamaño del mercado segmentado por canales de distribución en Ecuador.	44
Tabla 24: Tasa de crecimiento porcentual de penetración en el mercado anual.	45
Tabla 25: Proyección de la demanda anual según los segmentos de mercado.	45
Tabla 26: Unidad de carga y representación gráfica de movimiento realizado por operario.	54
Tabla 27: Componentes inodoro y sistema complementario Baño Ecológico.	54
Tabla 28: Componentes Inodoro y Sistema Complementario Baño Ecológico.	56
Tabla 29: Códigos empleados para determinar la relación de proximidad (precedencia).	57

Tabla 30: Requerimientos de espacio para línea de producción de baños ecológicos.	59
Tabla 31: Tabla de Materiales Directos Refugio PVC.	89
Tabla 32: Gastos Indirectos Refugios PVC.	90
Tabla 33: Costo Mano de Obra Directa Refugios PVC.	90
Tabla 34: Tabla Costo de Fabricación Unitaria Refugio PVC.	90
Tabla 35: Capital de Trabajo Baños Ecológicos.	91
Tabla 36: Activos Fijos Baños Ecológicos.	92
Tabla 37: Amortización Consolidada Baños Ecológicos.	92
Tabla 38: Amortización en años Baños Ecológicos.	93
Tabla 39: Costos de Fabricación Unitaria Baños Ecológicos.	93
Tabla 40: Punto de equilibrio en el horizonte de tiempo planificado Baños Ecológicos.	94
Tabla 41: Presupuesto planificado para sueldos Baños Ecológicos.	95
Tabla 42: Gastos Operativos Baños Ecológicos.	96
Tabla 43: Estado de resultados de Baños Ecológicos.	97
Tabla 44: Estado de cambio en el patrimonio Baños Ecológicos.	97
Tabla 45: Estado de situación financiera Baños Ecológicos.	98
Tabla 46: Flujo de caja proyectado Baños Ecológicos.	107
Tabla 47: Resultados de Análisis Financiero.	108

INTRODUCCIÓN

En los últimos meses el país ha pasado por uno de sus desastres naturales más devastadores, sufriendo un terremoto ocurrido el pasado 16 de abril del presente año, con epicentro en la ciudad de Pedernales. La gran mayoría de las edificaciones y carreteras de las provincias de Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Santa Elena y Santo Domingo fueron destruidas, provocando que las personas que vivían en estos lugares perdieran sus hogares e inclusive la vida de algunos de sus seres queridos.

Las respuestas dadas por el gobierno y las diferentes entidades gubernamentales, sumando a éstas, entidades externas al país que decidieron ayudar a los damnificados en ese momento, no llegaron de forma inmediata, y aquellas donaciones que llegaron, no pudieron beneficiar la totalidad de personas afectadas. Generando diversas realidades en las diferentes localidades afectadas, en las cuales unas contaban con todo lo necesario para vivir y otras no tenían nada. Las mencionadas desgracias llegaron a afectar aproximadamente 29.000 ecuatorianos que, a raíz del acontecimiento por necesidad, procedieron a montar refugios provisionales que por falta de recursos no cumplen características necesarias mínimas para albergar a las familias, tales como: espacios necesarios, resistencia adecuada para eventuales cambios climáticos o posibles réplicas del terremoto, privacidad requerida, entre otros aspectos de la misma índole.

De igual forma para la realización y disposición de necesidades básicas se improvisaron espacios no aptos para el almacenamiento de desechos biológicos, los cuales sin el tratamiento adecuado traen consigo enfermedades e incomodidades, siendo éste un problema más para los damnificados.

En la búsqueda de soluciones a los problemas generados, como la pérdida de viviendas y desabastecimiento de servicios básicos en las zonas afectadas, nace la iniciativa por parte de la empresa privada y la Escuela Superior Politécnica del Litoral de proyectos de vinculación social que busquen remediar específicamente estas desgracias que afectaron a muchos ecuatorianos.

Por medio de la iniciativa generada en base a la necesidad explicada, el conocimiento de los estudiantes próximos a graduarse de ingenieros y administradores de la producción industrial los pone en posición adecuada para aplicar sus conocimientos en proyectos fundamentados, buscando reducir el número de personas atravesando la falta de espacios adecuados tanto para vivir como para realizar sus necesidades básicas.

Se propone el diseño e implementación de líneas de producción de refugios temporales de PVC realizados a bajo costo, que cumplan con características necesarias para albergar a las personas afectadas. Además del diseño de la línea de producción de un Baño Ecológico, capaz de

satisfacer las necesidades básicas sin necesidad de la existencia de agua potable en la zona afectada. El mismo que puede ser utilizado en momentos de catástrofes, donde el acceso a este servicio se haya perdido, y para personas que viven en sectores rurales sin acceso al agua potable.

El Baño Ecológico es un producto que al momento no es producido en Ecuador, lo cual lo hace menos accesible económicamente debido a su característica de producto importado. Además del costo adicional implícito en la importación, éste se convierte en un producto no accesible de forma inmediata en casos de acontecimientos extraordinarios, por esto, su producción a nivel nacional no solo serviría para mitigar necesidades de damnificados sino que también proporcionaría beneficios al sector productivo del país.

Con estas líneas se pretende, en el caso de la línea de producción de refugios PVC con ayuda y financiamiento colaborativo de entidades externas, plasmar el conocimiento puesto en documentos por estudiantes a la vida real para lograr abastecer en primera estancia a 50 familias, es decir un aproximado de 400 personas dadas las características físicas del producto.

Y en el caso del diseño de la línea de producción de baños ecológicos "Taladro de la Tierra" se espera beneficiar a la entidad privada que propuso el proyecto, con los conocimientos de los estudiantes plasmados en entregables los cuales servirán para un mejor análisis de factibilidad económica y así determinar de forma más detallada la viabilidad del proyecto.

CAPÍTULO 1

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Actualmente el país ha pasado por uno de los desastres naturales más devastadores de los últimos años. El terremoto ocurrido el 16 de abril del 2016 con epicentro en la ciudad de Pedernales, en la provincia de Manabí, provocó que muchas zonas sean afectadas, tanto las infraestructuras como las carreteras, cuyo efecto se sintió también en las provincias de Los Ríos, Santa Elena y Santo Domingo.

Según la información proveída por la Secretaría de Gestión de Riesgos del Ecuador, actualizada hasta el 16 de abril del 2016, el número de construcciones y personas con alguna edificación afectada se pueden ver en las siguientes figuras:

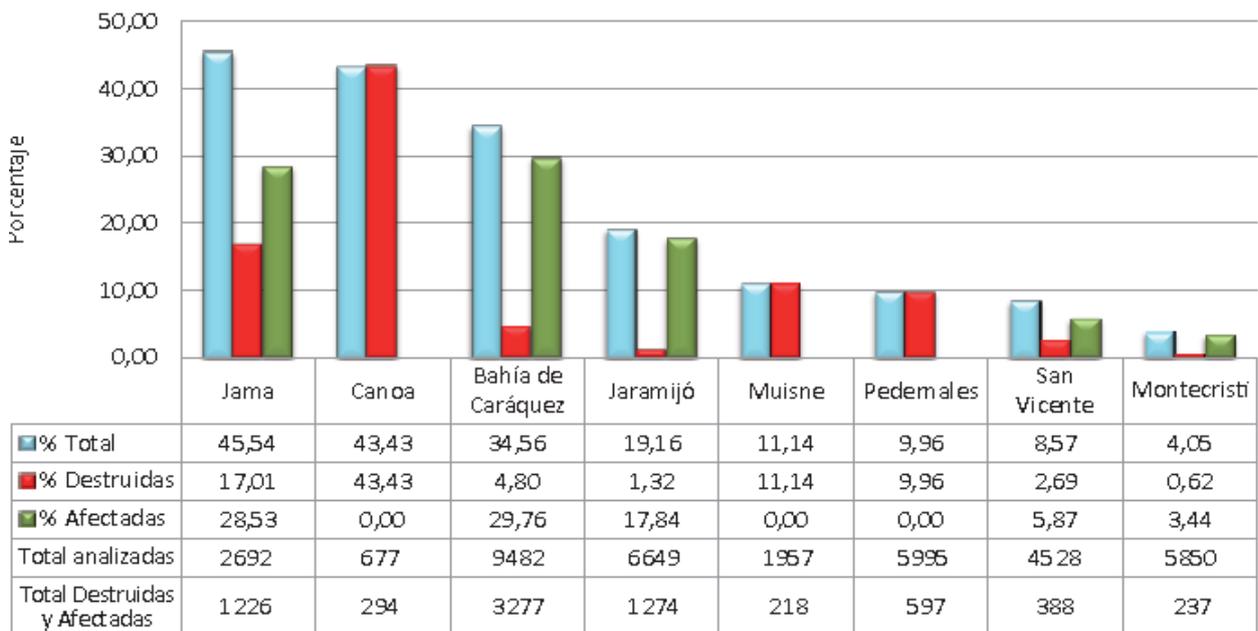


Figura 1.1: Porcentaje de Construcciones Afectadas y Destruidas por localidad.
Fuente: Secretaría de Gestión de Riesgos.

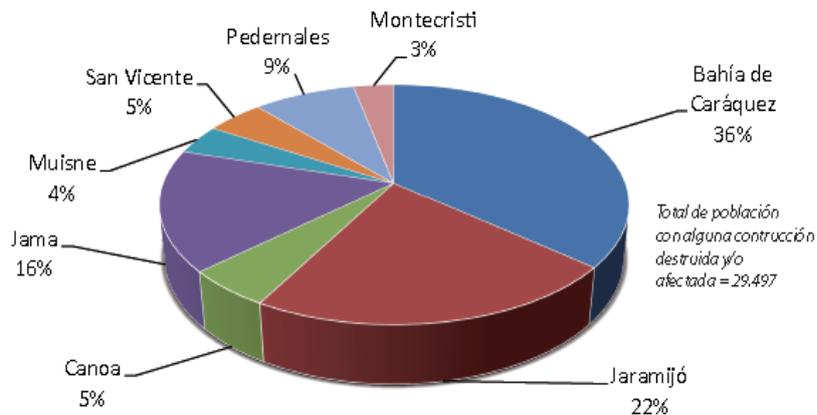


Figura 1.2: Porcentaje de Población Total con alguna construcción afectada o destruida por Localidad.
Fuente: Secretaría de Gestión de Riesgos.

Como se presenta en el gráfico de barras de la figura 1.1, el número total de construcciones destruidas y afectadas es de alrededor de 7511, del cual podemos observar que el mayor porcentaje de construcciones destruidas se encuentra en Canoa con 43,43% y construcciones afectadas en Bahía de Caráquez con 29,76%. Tomando en cuenta que esta información dada por el instituto se realizó a través de comparación fotográfica de las aéreas antes y después del terremoto.

En algunas localidades la estadística indica que existe un 0% en afectaciones, como en Pedernales, Canoa y Muisne, pero de información obtenida por otros medios se conoce que sí existe un porcentaje de daños. Las personas dueñas de estas construcciones son alrededor de 29 mil, de las cuales su mayoría pertenece a la localidad de Bahía de Caráquez, dejando a los afectados si un lugar el cual poder habitar.

Además, estos lugares sufrieron una suspensión de servicios básicos, lo cual afectó mucho el estilo de vida de las personas que fueron afectadas, y que hizo que la situación se torne más crítica, de los cuales en la actualidad se han ido recuperando el servicio eléctrico y agua potable en la medida que se presenta a continuación:

Electricidad:

Se presenta en la tabla 1 el porcentaje de servicio eléctrico en funcionamiento de las provincias afectadas por el terremoto:

Tabla 1: Provincias con Servicio Eléctrico.
Fuente: CENACE, 16 de Abril del 2016.

PROVINCIA	CON SERVICIO ELÉCTRICO
ESMERALDAS	89%
MANABÍ	0%
LOS RÍOS	57%
SANTO DOMINGO	92%
GUAYAS Y SANTA ELENA	98%

Agua Potable:

Acorde a la información de la Secretaría de Gestión de Riesgos, actualizada hasta el 6 de mayo del 2016, la cobertura de agua, por medio de la red pública en la provincia de Manabí antes del sismo era del 52%, con una continuidad del servicio del 60% y el resto siendo abastecida por tanqueros, un 30%.

- ✚ La semana del 17 al 24 de abril, se da la instalación de 13 plantas compactas.
- ✚ La semana del 25 de abril al 1 de mayo, se instalaron 17 plantas, de las cuales hasta esa fecha 24 plantas se encontraban operativas, debido a que 6 no estaban operando porque 5 fueron retiradas, y están sin funcionalidad por daño eléctrico.
- ✚ La semana del 2 al 6 de mayo, se instalaron 2 plantas más.

De los problemas de infraestructura y ausencia de servicios básicos creados por el terremoto, la población se sintió afectada al estar en este tipo de situación, lo cual generó un ambiente hostil y de desesperación en un inicio. Al pasar los días, la situación fue mejorando para las personas afectadas ya que la ayuda comenzó a llegar y se comenzaron a responder poco a poco sus necesidades.

Pero éstas no se podían responder al momento, debido a que la afectación fue a una gran cantidad de personas, lo cual lo podemos observar en porcentajes en la tabla 2:

Tabla 2: Número Total de Familias y Personas Albergadas.
Fuente: CENACE, 16 de Abril del 2016.

# Total de Familias y Personas Albergadas por Provincia y Cantón		
Etiquetas de fila	Suma de # DE FAMILIAS	Suma de # DE PERSONAS
BOLÍVAR	1	9
GUARANDA	1	9
ESMERALDAS	94	395
MUISNE	94	395
LOS RÍOS	39	150
BABAHOYÓN	39	150
MANABÍ	1371	5420
CALCETA	62	227
CHONE	52	190
EL CARMEN	70	269
FLAVIO ALFARO	10	38
JAMA	185	775
JARAMIJÓ	68	255
MANTA	99	370
PEDERNALES	302	1175
PORTOVIEJO	265	1085
ROCAFUERTE	22	76
SAN VICENTE	131	544
SUCRE	104	408
TOSAGUA	1	8
PICHINCHA	23	59
QUITO	23	59
SANTA ELENA	8	37
SANTA ELENA	8	37
SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	108	367
SANTO DOMINGO	108	367
Total general	1644	6437

Las condiciones fueron mejorando para los afectados, cerca de 6 mil personas, pero sin llegar a cubrir la mitad de las personas afectadas. Por este motivo las personas se vieron en la necesidad de construir refugios improvisados durante los primeros días, para luego ser intervenidos por las diferentes autoridades y poder tener ambientes aptos para su convivencia. Lo cual, utilizando la información más actualizada de la Secretaría de Gestión de Riesgos, se pudo obtener la tabla 3:

Tabla 3: Número Total de Familias y Personas Refugiadas.
Fuente: CENACE, 16 de abril del 2016.

# Total de Familias y Personas Refugiadas por Provincia y Cantón			
Etiquetas de fila		Suma de # DE FAMILIAS	Suma de # DE PERSONAS
<input checked="" type="checkbox"/> ESMERALDAS		1792	6653
MUISNE		1792	6653
<input checked="" type="checkbox"/> MANABÍ		4130	15604
BOLÍVAR		33	140
CHONE		131	559
FLAVIO ALFARO		10	41
JAMA		437	2205
JARAMIJÓ		119	456
JUNÍN		8	24
MANTA		869	3484
MONTECRISTI		72	316
PEDERNALES		354	1624
PORTOVIEJO		367	1426
ROCAFUERTE		74	255
SAN VICENTE		696	1731
SUCRE		851	2915
TOSAGUA		109	428
<input checked="" type="checkbox"/> SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS		67	227
CONCORDIA		62	211
SANTO DOMINGO		5	16
Total general		5989	22484

En la actualidad existen alrededor de 1644 familias albergadas y 5989 familias refugiadas, con ello podemos evidenciar que las personas que no cuentan con condiciones aptas para su habitar son mayores en número. Hasta ese momento la ayuda siguió llegando a los diferentes lugares, y se buscaba reducir el número de refugiados para que puedan ser llevados a albergues.

Dejando cerca de 29 mil víctimas que perdieron sus hogares y el acceso a los servicios básicos, así como alrededor de 600 personas muertas en diferentes partes del país, y afectados de salud física y mental.

Donde la ayuda y respuesta por parte de las autoridades responsables, y la solidaridad mostrada por diferentes entidades y personas, todavía no había cubierto la necesidad de todas las personas afectadas, lo cual reflejó las diferentes realidades en las mismas.

Debido a la magnitud del daño ocasionado por el terremoto, se decidió centrar los esfuerzos en las zonas más afectadas y de mayor necesidad, las cuales no poseen acceso a servicios básicos y un albergue para su resguardo, dentro de las cuales se escogió las localidades de Sucre y Pedernales, debido a que hubo una comunicación previa y se conoció su situación de necesidad.

Con esta información podemos establecer el problema, mostrándolo en la tabla 4:

Tabla 4: Planteamiento del Problema.

<u>Planteamiento del Problema</u>	
¿Qué?	Como resultado del terremoto ocurrido en Ecuador con magnitud 7.8 según la escala de Richter, existen alrededor de 428 refugiados en Sucre, víctimas que han perdido sus hogares y lugares adecuados para la realización de sus necesidades básicas.
¿Cuándo?	Ocurrido el 16 de abril del 2016, alrededor de las 19:00 horas.
¿Dónde?	El terremoto tuvo como epicentro la ciudad de Pedernales cantón de la provincia de Manabí. Afectando también otras localidades pertenecientes a las provincias de Esmeraldas, Los Ríos, Santa Elena y Santo Domingo.
¿Cómo?	La razón principal es la destrucción total y parcial de las construcciones de las localidades afectadas.
¿Por qué?	Se perjudica el nivel de calidad de vida de las personas, por falta de un lugar seguro para sus familias, y las instalaciones adecuadas para poder realizar sus necesidades básicas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Diseñar e implementar una línea de producción de refugios de PVC y diseñar una línea de producción de Baños Ecológicos, para responder a las necesidades emergentes de las víctimas del terremoto que se produjo en abril del año 2016 al suministrar un techo provisional y baños ecológicos para responder a sus necesidades.

1.1.2 Objetivos específicos

- Recopilar y analizar datos de los damnificados de áreas de necesidad.
- Establecer requisitos de materias primas y materiales necesarios para el proceso de producción de refugios de PVC.
- Diseñar el proceso de producción de refugios de PVC y de Baños Ecológicos.
- Establecer el tipo de línea, sistema de control de producción apropiado para ambos procesos de productivos.
- Poner en operación la línea de producción de refugios de PVC.
- Diseño de la línea de producción de Baños Ecológicos.

1.1.3 Marco teórico

Para poder establecer el problema, se utilizó la siguiente herramienta:

1.1.3.1 5 w's

La metodología consiste en la aplicación de 5 preguntas, ¿Qué? ¿Cuándo? ¿Dónde? ¿Quién? ¿Por qué?, para que poder establecer las partes del problema y poder obtener un objetivo claro para poder resolver el mismo [1].

Para poder recopilar y analizar datos de las personas damnificadas de áreas de necesidad, utilizamos la siguiente herramienta:

1.1.3.2 Voz del Cliente (Voice of Customer)

La Voz del Cliente, es un término utilizado comúnmente para describir el proceso de obtención de los requerimientos del cliente. Es decir, que nos permite poder tener los deseos y necesidades de esta persona, los cuales se pueden establecer en un orden de importancia

y poder priorizarlos en términos relativos a la satisfacción [2]. Mostrando un esquema general en la figura 1.3.

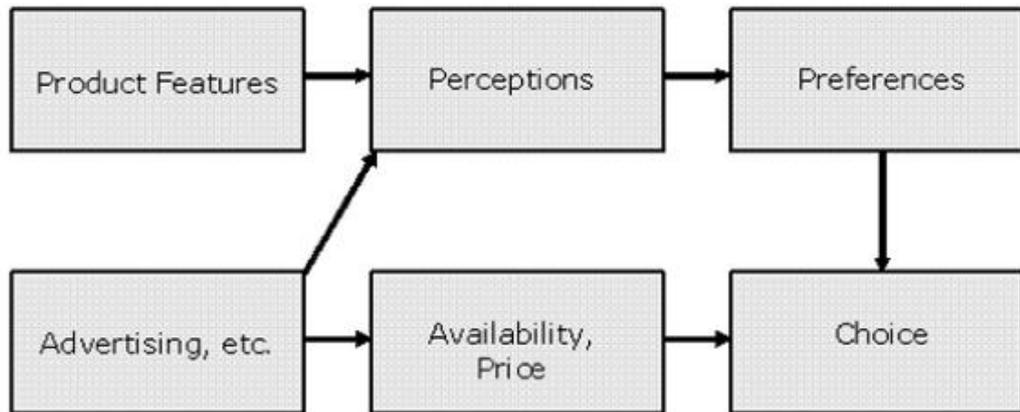


Figura 1.3: Modelo de Preferencia del Cliente.
Fuente: John R. Hausser, MIT Sloan School of Management, MA USA.

De forma general de esta técnica se puede obtener: las necesidades del cliente, establecer un orden de importancia de necesidades, prioridades y la percepción de rendimiento del cliente [2].

Para poder establecer el tipo de línea y sistemas de producción y control para las líneas, nos basamos en lo siguiente:

1.1.3.3 Flujo de Líneas de Producción

En una línea de producción es importante conocer el movimiento que existe en su interior, estos establecen flujos los cuales influyen en el desempeño de la misma y de la organización en general. Debido a que estos establecen un orden, y el cual si no es correcto desemboca en acciones erróneas produciendo pérdidas [3].

Con ello podemos comenzar definiendo el flujo:

- Es referente a flujo de materiales, personas, equipos, información, dinero, etc. [3].
- Existen patrones para estos flujos, mediciones y análisis gráficos de los mismos [3].

Para establecer este tipo de flujo, lo primero es conocer cómo es que se relacionan las diferentes áreas o departamentos, estos son la clave para el diseño de cualquier instalación. Para poder definir las relaciones debemos conocer [3].

- ❖ Flujo de relaciones.
- ❖ Relaciones organizacionales.
- ❖ Relaciones con el ambiente.
- ❖ Relaciones de control.
- ❖ Relaciones de procesos.

A continuación, se puede observar en la figura 1.4 el tipo de flujo dentro de un sistema de logística de una empresa en general:

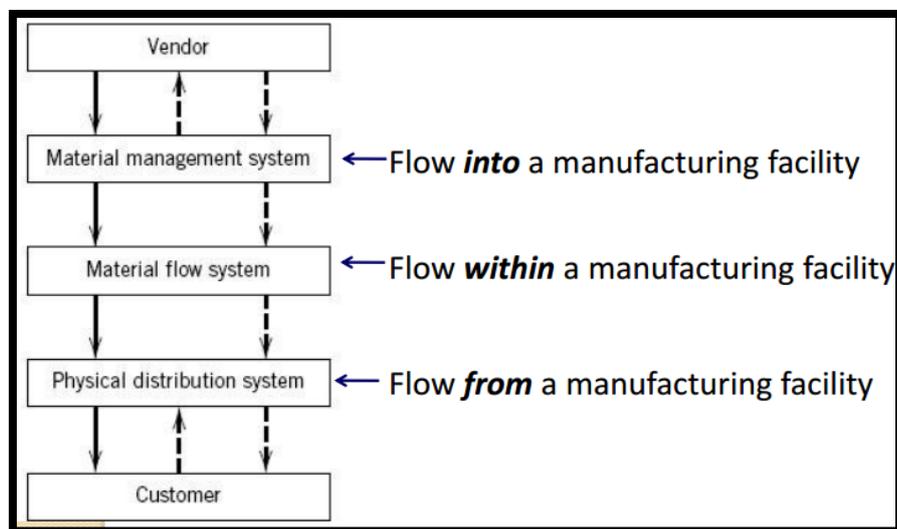


Figura 1.4: Tipos de Flujos en el Sistema de Logística.
Fuente: Facility Planning and Design.

1.1.3.4 Estudio de Tiempos

Para poder establecer una línea de producción, es necesario conocer el tiempo que se requiere para cada proceso que transforma la materia prima, creando estándares los cuales serán base para poder desarrollar las diferentes actividades de manera eficiente. De esta forma se llega a conocer la capacidad que la línea tiene, y así realizar las planificaciones necesarias para responder a una demanda [4].

Por ello se desarrolla un estudio de tiempo el cual forma parte de uno de los pasos importantes para poder establecer un puesto de trabajo eficiente, mediante el cual se establece el tiempo promedio de alguna operación, tomando en cuenta fatigas, retrasos inevitables de personas y holguras [4].

1.1.3.5 Planeación Sistemática de la Distribución

La técnica conocida como Planeación Sistemática de la Distribución (figura 1.5), SLP por sus siglas en inglés, crea un gráfico de relaciones en donde se puede visualizar el grado de importancia de cada uno de los centros de trabajo, para determinar la ubicación junto a otros. Para luego mediante un diagrama de relaciones de actividades, el cual muestra el manejo de materiales entre centros, se ajusta hasta obtener el patrón satisfactorio de adyacencia [5].

El patrón debe estar influido por las restricciones de espacio que se tenga en el edificio. Para lograr una buena distribución de la planta se deben considerar características como condiciones de trabajo aceptables y desarrollo de la operación de forma más eficiente, además de proveer de condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores [5].

La distribución de la planta consta de los siguientes pasos de estudio a seguir:

1. Distribución de áreas.
2. Estudio de recorrido.
3. Planeación Sistemática de la Distribución (Systematic Layout Planning) (Muther Tompkins).

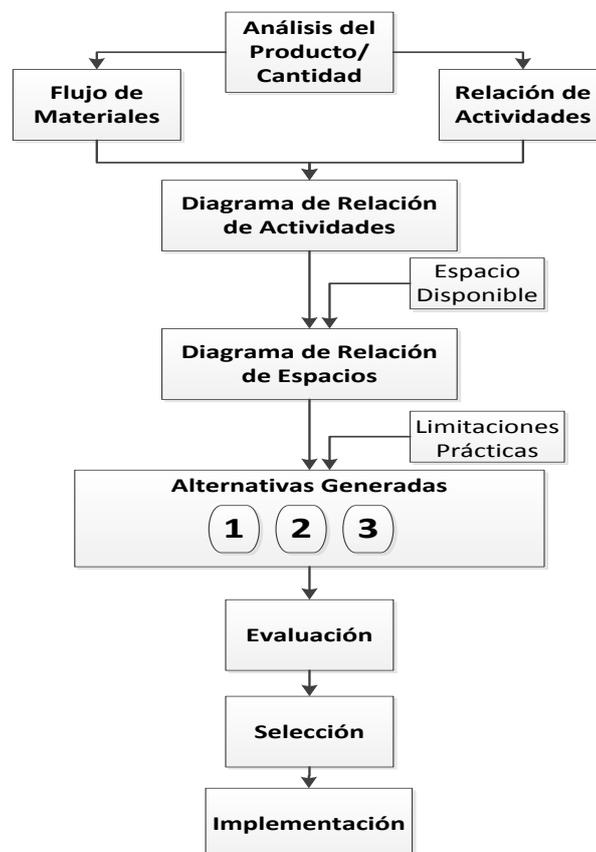


Figura 1.5: Esquema del Systematic Layout Planning.
Fuente: Approach to Muther (1968).

1.1.3.6 Balanceo de Línea

Para realizar el balanceo de una línea lo primero es conocer el tipo de configuración que ésta tiene (como ejemplo una línea de ensamble en la figura 1.6), cuyo fin es poder realizar una agrupación de las actividades secuenciales en estaciones de trabajo, logrando de esta forma igualar las capacidades y distribuyendo la carga de trabajo a lo largo de la línea [6].



Figura 1.6: Línea de Ensamble de ciclo rápido.
Fuente: Direct Industry, catálogo en línea de productos y herramientas industrial.

El principal problema al realizar el balanceo es asignar las tareas en las estaciones de trabajo de tal forma que cada una de ellas no reciba más tareas de las que pueda realizar en su tiempo de ciclo, y que el tiempo inactivo sea el mínimo en cada una de ellas [6].

1.1.3.7 Cartas de Control Estadístico

Una carta de control es una herramienta gráfica que permite poder monitorear la actividad de algún proceso que se está realizando. Muy a menudo estas cartas también son llamadas cartas de control de Shewhart, debido a que la primera persona en proponerlas fue Walter A. Shewhart. En el cual las características de calidad son ubicadas en lado de las “Y” y las muestras o subgrupo de las mismas, es ubicado en el lado de las “X” [7].

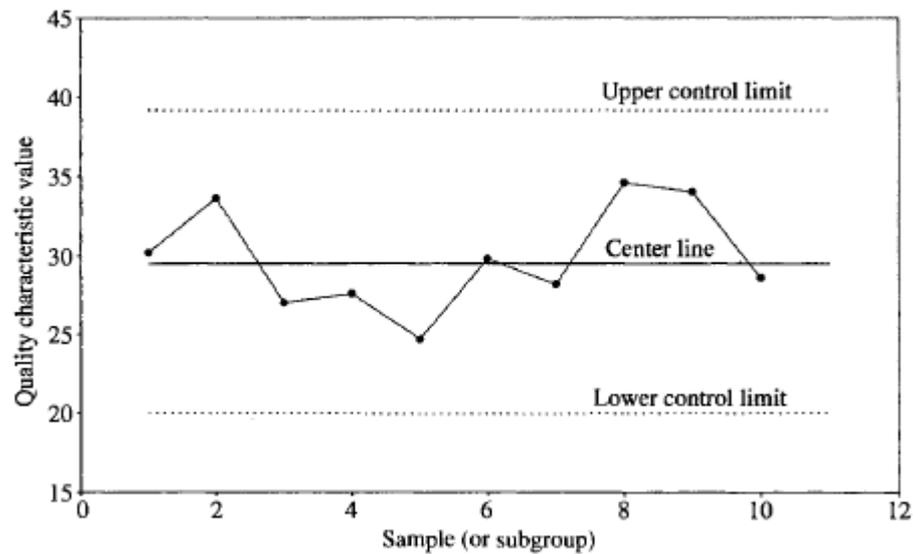


Figura 1.7: Ejemplo de Carta de Control.
Fuente: Fundamentals of Quality Control and Improvement 3ra Edición.

En la figura 1.7 podemos observar un ejemplo de una carta de control, en ésta podemos ver que existen tres tipos de líneas: la línea del centro representa el valor promedio de la característica a ser graficada, las siguientes dos líneas son los límites de control estadístico, superior e inferior, los cuales sirven de base para la toma de decisiones en el proceso [7].

1.1.3.8 Simulación

Actualmente debido a la complejidad de operación en los sistemas de producción y a servicios, estos requieren de una modelación mucho más apegada a la realidad para que permita un análisis profundo y detallado [8].

Por éste motivo hoy en día herramientas capaces de poder modelar esta complejidad son necesarias. Por ello la simulación es una de éstas, la cual permite conocer mejor el sistema que se encuentra en estudio, aplicando diversos escenarios y visualizando su comportamiento. Siendo por estos motivos una de las técnicas de mayor impacto en la toma de decisiones y diseño de productos y procesos [9].

De esta forma, definiendo a la simulación como la imitación de operación de un proceso o sistema del mundo real. Estudiando su comportamiento en el tiempo, estableciendo modelos bajo asunciones expresadas de forma matemática, lógica y simbólica [9].

Etapas de la Simulación, basados en [9]:

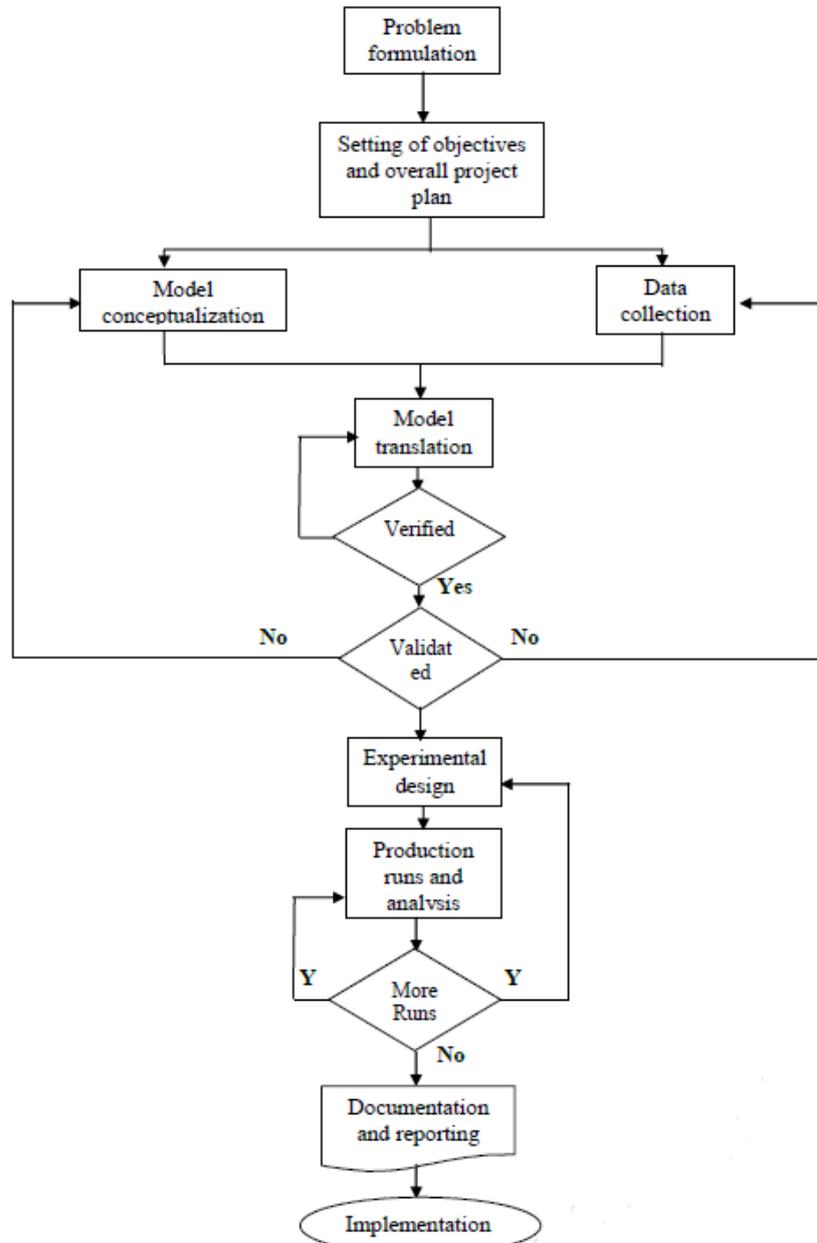


Figura 1.8: Etapas de la Simulación.
Fuente: Discrete-Event System Simulation 4ta edición.

1.1.3.9 Framework, selección de Sistema de Control de Producción

Para la selección del PPC's se utilizará el framework propuesto por el Doctor Marcos Buestán Benavides en su tesis doctoral aplicado a pymes ecuatorianas. Su aplicación se realiza en dos etapas:

1. La caracterización de la línea de producción según las dimensiones detalladas.
2. La evaluación del PPC's acorde a la tabla de ponderaciones para determinar cuál se acomoda más a las características de la línea.

El framework se basa en 14 dimensiones, clasificadas por características del producto, proceso de producción y requerimientos del mercado, éstas influyen en la selección del sistema de producción. De igual manera mantiene subjetividad, pero se introducen dimensiones cuantitativas para que la selección sea más detallada y así reducir lo superficial de la selección.

De esta forma, lo que la herramienta ofrece es un balance entre el nivel de detalle y el nivel de agregación para cada dimensión mencionada y seleccionada [10].

Las dimensiones propuestas por el esquema utilizado son mostradas en la tabla 5:

Tabla 5: Dimensiones y categorías propuestas en el Framework para selección del PPC's.
Fuente: Tesis Doctoral; *Determining the Most Appropriate Production Planning and Control System for Small Enterprises: Framework and field tests*; Marcos Nicolajeeff Buestán Benavides.

Product Characteristics		Process Characteristics	
Level of customization	Customized product	Process Pattern	Job Shop
	Semi-customized		Batch flow
	Standard product		Line flow
Product Mix	One product	Set-up times	Sequence independent
	Many products		Sequence dependent
	Several major products		
Product Structure	Simple products	Product process information	Accuracy: details / general
	Multi-level products		Volume: sparse/abundant
			Time: out of date / up to date
			Location: centralized / desentralized
		Level of training	High operator skill
			Low operator skill
		Processing time variability	LV Processing time (CV<0.75)
			MV Processing time (0.75<=CV<1.33)
			HV Processing time (CV=>1.33)
Market Characterization			
Order winner	Quality	Repetitiveness level	Purely continuous
	Price		semi-continuous
	Delivery speed		Mass production
	Flexibility to demand changes		Repetitive production
	Flexibility to variety		Semi repetitive
		Non repetitive	
Interarrival time variability	LV arrivals	Due date tightness	High due date tightness
	MV arrivals		Low due date tightness
	HV arrivals		
Volume Demand Variability	LV Volume demand	Variability of due date allowance	Low slack time variability
	MV Volume demand		Moderate slack time variability
	HV Volume demand		High slack time variability

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA.

En el presente capítulo se muestran las etapas que se siguieron para realizar el diseño de la línea de producción. Además, los métodos utilizados para la selección de la mejor alternativa de layout y sistema de control de la producción con sus respectivos análisis y cálculos.

2.1 Método integrado

La propuesta para el diseño de la línea, tanto para la línea de refugios PVC que fue implementada como para la línea de producción de baños ecológicos que solo fue documentada, es mostrada en la figura 2.1:

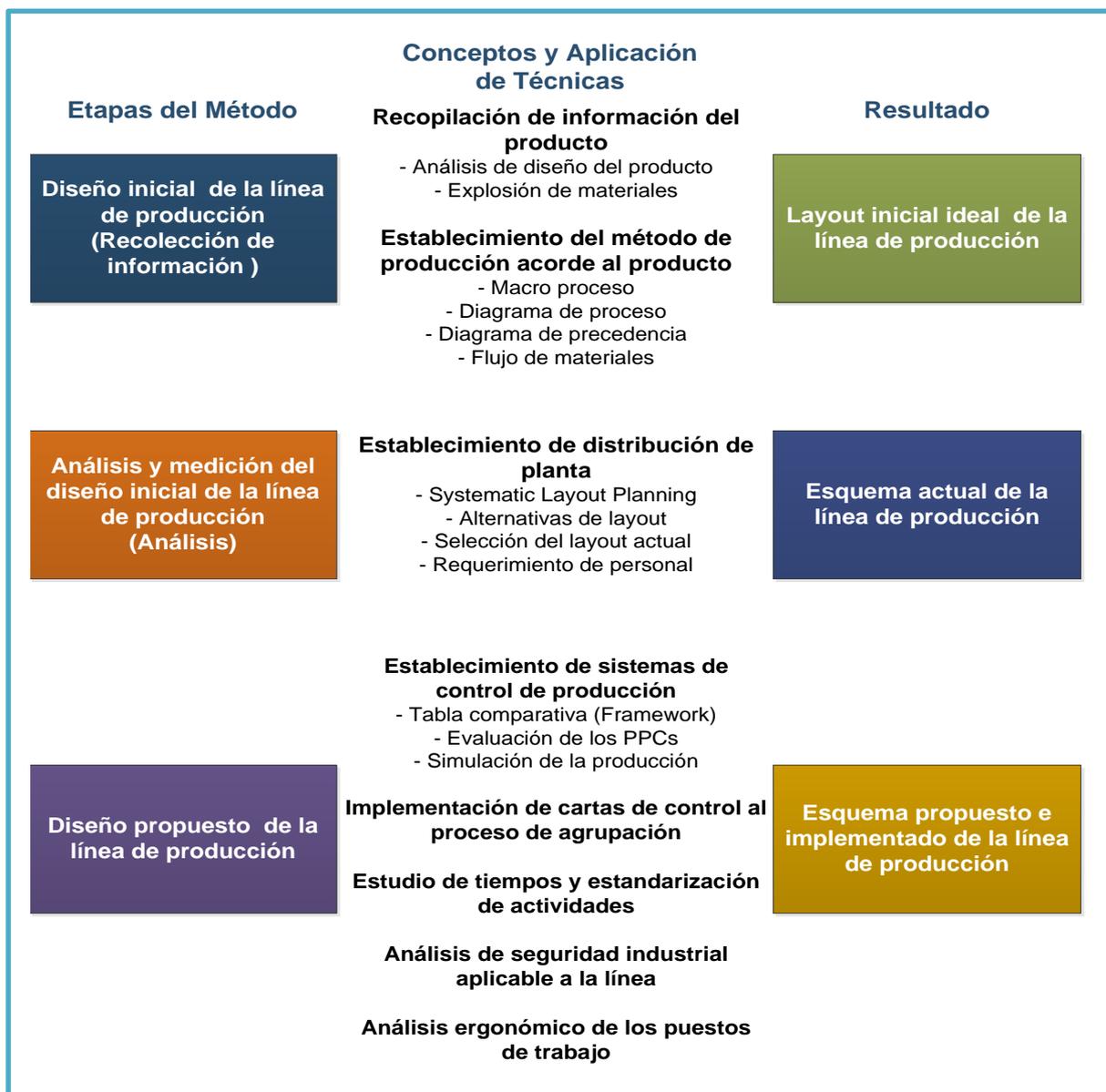


Figura 2.1: Método Integrado para desarrollo de Líneas de Producción.

2.2 Refugio de PVC

2.2.1 Investigación de Mercado

Segmentación del mercado potencial, presentado en la tabla 6:

Tabla 6: Matriz de Desarrollo de Investigación de Mercado.

Modelo de matriz para desarrollo de la IM		
Objetivos generales	Objetivos específicos	Instrumento de recolección de datos
Analizar demanda potencial de los Refugios PVC	Identificar población en necesidad de los Refugios (habitando en refugios de condiciones no deseables)	SGR
	Identificar el total de lugares del país en los cuales la demanda se encuentra localizada	INEC /SGR

Analizar demanda potencial

Según lo especificado en el alcance los habitantes en necesidad de los refugios son los denominados como refugiados. En la determinación del problema se presentó que según la Secretaría Nacional de Riesgos existe lo siguiente en términos de refugiados y cantones, usado para la identificación de la localización de estas personas a las cuales se puede tratar como demanda potencial junto con las distintas localidades en los cuales se encuentran. Para el presente se tomará en cuenta a los refugiados de Sucre, cuya demanda es mostrada a continuación en la tabla 7:

Tabla 7: Demanda Potencial Refugio PVC.

Cantidad	
Demanda Potencial	428 Refugiados
Localidad	Sucre

2.2.2 Análisis de diseño del producto

Debido al tipo de proyecto, el producto a ser elaborado ya estaba diseñado previamente por la empresa promotora, éste buscó la forma de poder fabricar el mismo mediante la implementación de una línea de producción. Por este motivo el primer paso para desarrollar la línea es analizar el diseño del producto, y establecer los requerimientos y especificaciones necesarios.

Se fabricará un Kit de refugios hecho con tuberías y uniones de PVC, que servirá de refugio temporal para las personas damnificadas, que hayan perdido su hogar y el lugar donde se encuentre refugiado no cuente con un espacio adecuado para su resguardo. Su diseño se muestra en las figuras 2.2 y 2.3:



Figura 2.2: Refugio hecho de PVC ensamblado.

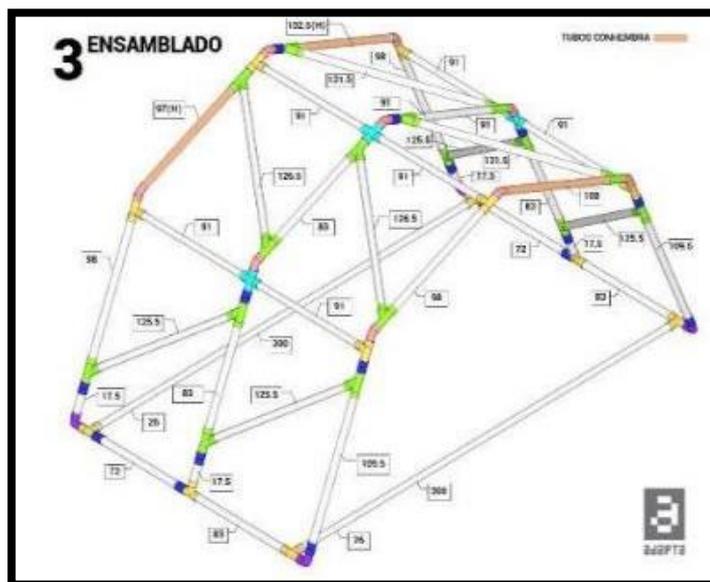


Figura 2.3: Refugio PVC.

Fuente: Empresa promotora del diseño.

Como se puede observar, el refugio consta de tres partes principales: el paquete de cortes de tubos necesarios según las medidas respectivas; para con estos poder formar las paredes, techo y base del refugio, y una funda embalada que dentro de ella contiene tres fundas de distintos colores, en las cuales se encuentran clasificadas las uniones necesarias según sea ésta perteneciente a la base, paredes o cubierta del refugio. Además de las lonas para la cubierta que también van embaladas en papel film para mayor protección al igual que los otros dos elementos mencionados y un manual de ensamble.

Los cortes de tubos serán fabricados mientras que los otros elementos llegan elaborados para el ensamble final. A continuación, se detallan las características del producto, empezando por los cortes necesarios para armar el refugio mostrado en la figura 2.4:

2 CORTE DE TUBOS
 RETAZOS SIRVEN PARA SACAR 4 UNIDADES DE 17.5 Y 2 UNIDADES DE 26CM
 MEDIDAS EN CENTIMETROS (CM)

ID. ETK	TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO 5	TUBO 6	TUBO 7	TUBO 8	TUBO 9	TUBO 10	TUBO 11	TUBO 12	TUBO 13
	108	102.5	97	retazo	retazo alcanza 72								
	91	91	91	83			72	98	83	83	98	300	300
	91	91	91	83	131.5	125.5	91	72	98	83			
	retazo	retazo	retazo	109.5	131.5	125.5	125.5	126.5	109.5	126.5	125.5		
MACHO													

Figura 2.4: Cortes necesarios de tubos 3 metros para Refugio de PVC.
 Fuente: Empresa promotora del diseño.

Por estos motivos, al ver que eran muchos cortes, se decidió juntar aquellos que sean similares y con ello distribuir la cantidad de cortes en otras estaciones de trabajo, los formatos usados para éste se encuentran en el Apéndice 1, 2 y 3. Los distintos colores propuestos en el Apéndice 2 y 3 representan las agrupaciones de los tubos según sus longitudes y como está conformado el ensamble final. Para la elaboración del refugio además se utilizan las uniones de PVC según la figura 2.5:

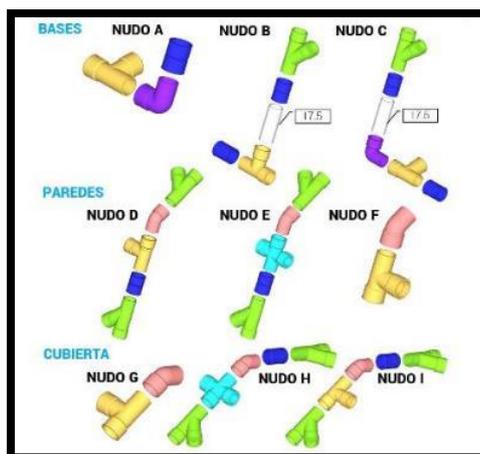


Figura 2.5: Uniones necesarias para la conformación del refugio de PVC.
 Fuente: Empresa promotora del diseño.

Para la cobertura del refugio se llegó a usar lonas financiadas mediante el dinero de donaciones. Éstas al ser donadas fueron de diferentes formas y tamaño, por lo cual se

decidió realizar un trabajo a parte con éstas, para que pudiesen tener la forma del refugio, y lograran cubrirlo completamente. Su forma la podemos ver a continuación en la figura 2.6:



Figura 2.6: Lonas de cubierta de Refugio de PVC.

De esta manera, con la información del diseño del refugio de PVC, considerando sus partes necesarias para las paredes, base y techo, se puede realizar la explosión de materiales necesarios para su conformación mostrado en la figura 2.7:

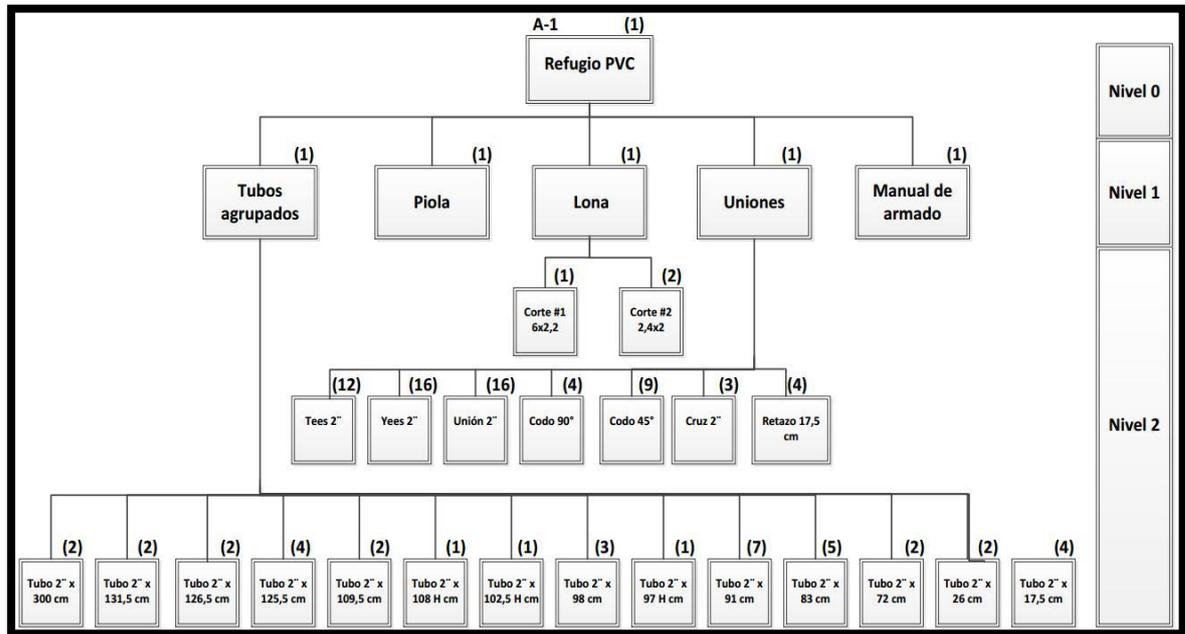


Figura 2.7: Explosión de materiales del refugio de PVC.

Diseño final del producto de refugios de PVC

Una vez estudiado el diseño del producto, se pudo observar que los tubos eran los únicos componentes en ser procesados y necesarios para poder formar el kit. Por estos motivos la línea se desarrolla para poder trabajar estos tubos, de esta forma, determinando como

producto final el grupo de estos. Lo cual lo podemos ver a continuación en las figuras 2.8 y 2.9:

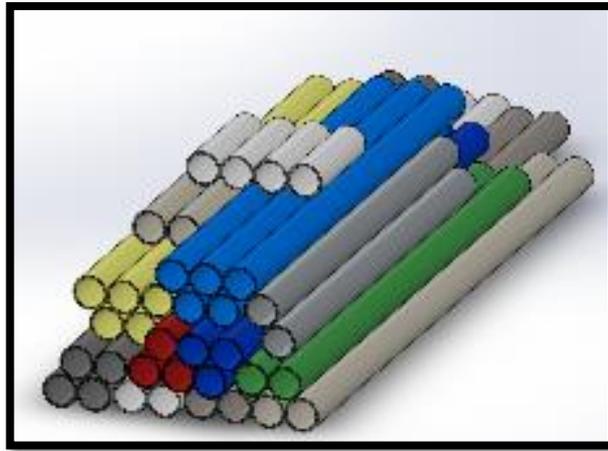


Figura 2.8: Diseño de kit de tubos cortados según dimensiones del diseño.



Figura 2.9: Producto final de la línea de producción de refugios de PVC.

La forma del kit final de tubos se decidió mediante las medidas de los mismos, éstos al ser de diferentes dimensiones, se observó la influencia de los mismos al ser agrupados, y se optó en tratar de que los tubos de mayor medida sirvan de base para el conjunto final. Su forma la podemos observar en el Apéndice 4.

Además, se dejó un modelo final del manual de ensamblaje de la carpa, el cual se encuentra en el Apéndice 5. Éste fue diseñado con ayuda del dueño del proyecto y un pasante de la línea de producción de la facultad de EDCOM, en donde se buscó la manera más indicada para poder armar la carpa. Considerando la carpa en 3 partes principales, techo, paredes y base.

2.2.3 Diseño del proceso productivo

Luego de haber detallado y analizado el producto a ser producido, se debe estudiar el proceso mediante el cual será elaborado. Es muy común que las decisiones del diseño del proceso se realicen antes de la fase de diseño de las instalaciones, por lo cual la primera acción fue recolectar la información necesaria acerca del proceso productivo.

El proceso de elaboración de los Kit de Refugio se basó en las actividades requeridas y el manejo de material necesario para que el producto pueda ser elaborado y almacenado en su forma final. La figura 2.10 presenta el macro proceso para la elaboración de los refugios de PVC:

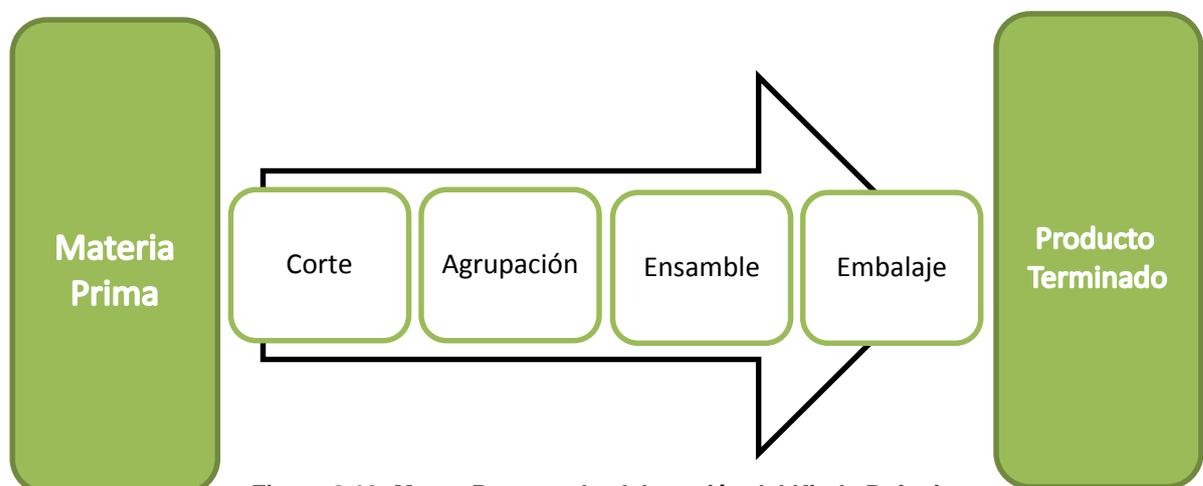


Figura 2.10: Macro Proceso de elaboración del Kit de Refugio.

A continuación, se describe de forma general cada una de las partes del macro proceso:

Proceso de corte: consiste en recolectar el tubo a cortar y realizar los cortes del mismo según corresponda la medida especificada dejando así los cortes necesarios para la siguiente parte del proceso. Éste proceso tiene como entrada los tubos de 3 metros y como salida los tubos cortados según la medida respectiva y los retazos.

Proceso de agrupación: consiste en la recepción de los tubos para la verificación de las medidas respectivas. Una vez verificado el tubo de lima para disminuir el sobrante innecesario y luego ser almacenado según corresponda.

Proceso de ensamble: consiste en la agrupación de los tubos según la medida, formando subgrupos siendo estos almacenados temporalmente a la espera del empaquetado final.

Empaquetado: consiste en ensamblar el kit final según el modelo con las sub-agrupaciones de tubos y envolverlo en papel film.

2.2.3.1 Diagramas de Operaciones

Considerando el macro proceso del diseño de elaboración de kit de Refugios de PVC, a continuación se detallan las actividades a tomar en cuenta en cada una de las operaciones:

1. Recolección y posicionamiento del tubo: se toma el tubo de 3 metros de la pila, y se lo ajusta en la mesa de corte. Considerando las especificaciones de corte para aquellos tubos que necesitan tener “campana” y aquellos que no.
2. Clasificación de Uniones por funda: la persona encargada toma los diferentes codos y uniones de PVC, y los agrupa acorde a su utilización dentro del refugio, donde se los ordena según formen parte de las paredes, bases y techo.
3. Bases para Corte: el segundo operario de la estación coloca en el tubo una cinta guía; la cual, acorde a la medida a realizar, se mueve alrededor del tubo hasta la altura adecuada. Para luego ser cortado una vez terminada esta operación.
4. Numeración: se toma el tubo cortado y se coloca la numeración acorde a su dimensión. Éstas son colocadas alrededor del tubo y dentro del mismo.
Verificación de numeración: ocurre una vez colocada la numeración, se realiza la verificación de que la medida esté acorde al tamaño real del tubo.
5. Agrupación de Tubos por medida: los tubos una vez cortados y numerados, se los agrupa acorde al orden establecido anteriormente en el diseño final del conjunto.
6. Formación del Kit final: una vez agrupados los tubos según sus dimensiones, son colocados en el orden indicado en el instructivo.
7. Embalaje del kit final: al estar formada el conjunto de tubos, estos son embalados para que se forme un grupo compacto. Mediante el uso de papel film, el cual es tensado al momento de ser colocado alrededor del conjunto. Para así formar el conjunto de Kit final.

Una vez realizado estos pasos se unen los diferentes componentes, y está listo el refugio para poder ser entregado. Éste proceso lo podemos observar en la figura 2.11, donde se muestran los diagramas de operaciones correspondientes a la elaboración del Kit:

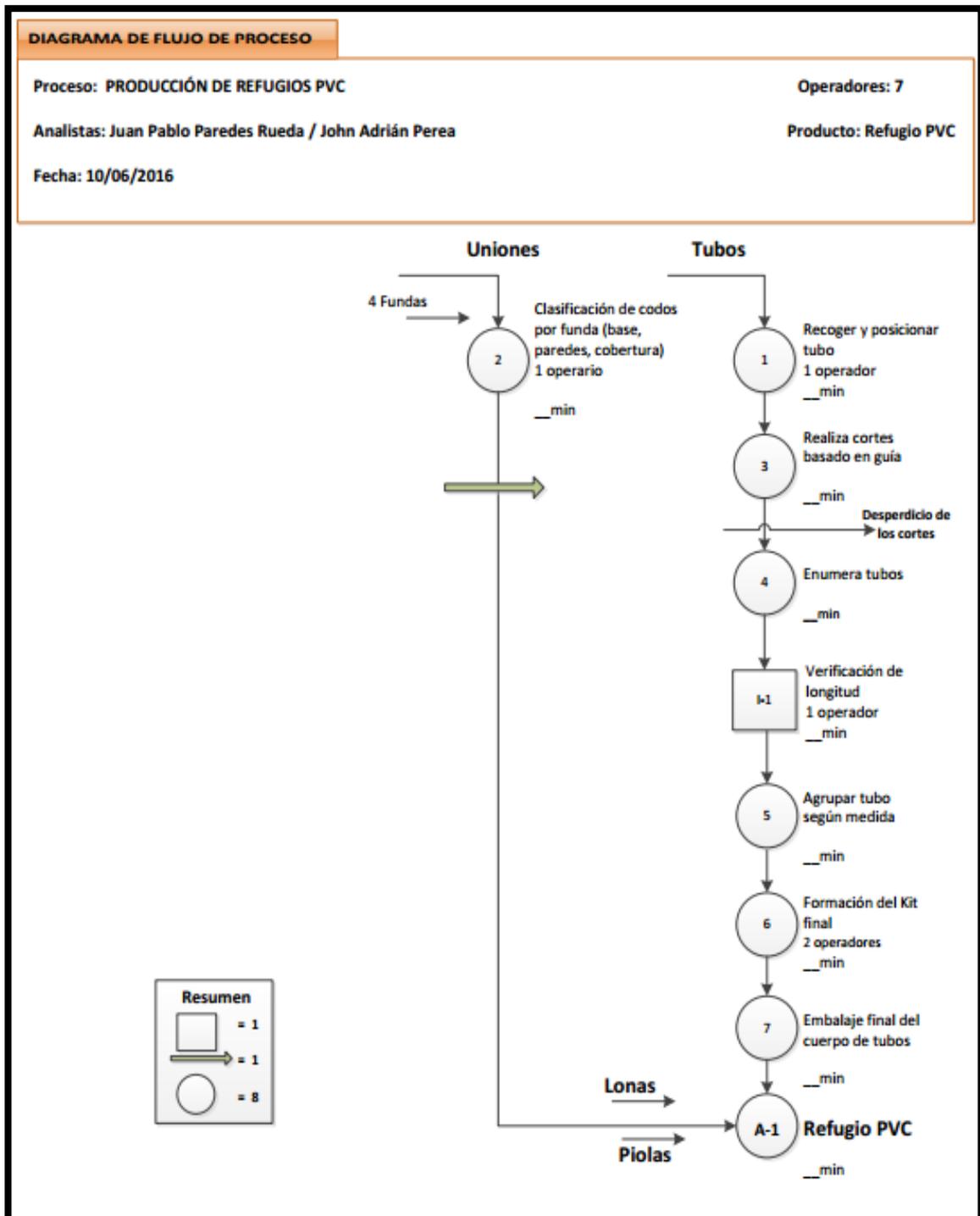


Figura 2.11: Diagrama de operaciones del kit de refugio de PVC.

2.2.3.2 Flujo de materiales

Conocido el proceso de elaboración del producto, éste tiene únicamente operaciones de ensamble lo cual implica que las tareas deben ser realizadas secuencialmente. Con el objetivo de determinar la secuencia de estas actividades se determina el diagrama de precedencia, mostrado en la figura 2.12:

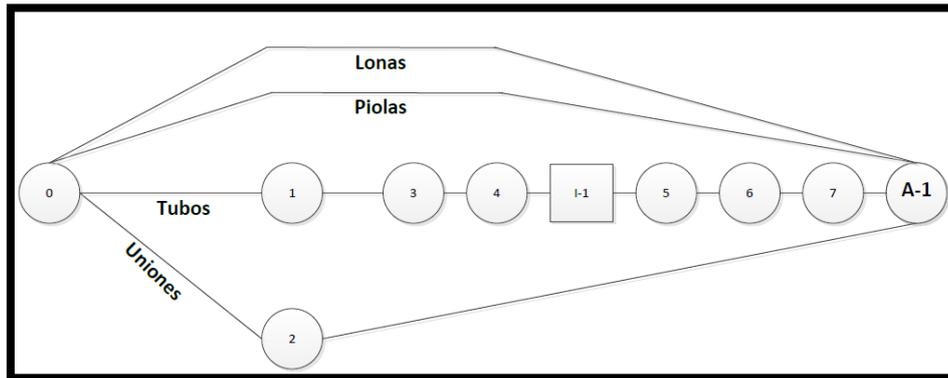


Figura 2.12: Diagrama de precedencia Kit refugio PVC.

Por las características del producto, la Distribución por Proceso es la más adecuada de manera intuitiva ya que es característico de las líneas de ensamble siendo estos los presentes casos.

2.2.4 Etapas del Diseño del Layout

Una vez tomada la información del OTIDA y del diagrama de precedencia se puede determinar el diseño layout para la línea de producción. Segmentado el diseño del mismo en tres etapas de diseño, considerando ciertas limitantes y restricciones, las cuales son:

- ❖ Primer diseño ideal del layout.
- ❖ Layout actual.
- ❖ Layout propuesto.

2.2.4.1 Primer Diseño Ideal del Layout

El diseño del primer layout ideal se lo realiza basado en lo obtenido del diagrama de precedencia obteniendo así una secuencia lógica del flujo de materiales necesario. En la siguiente figura se muestra el diseño del primer layout ideal:

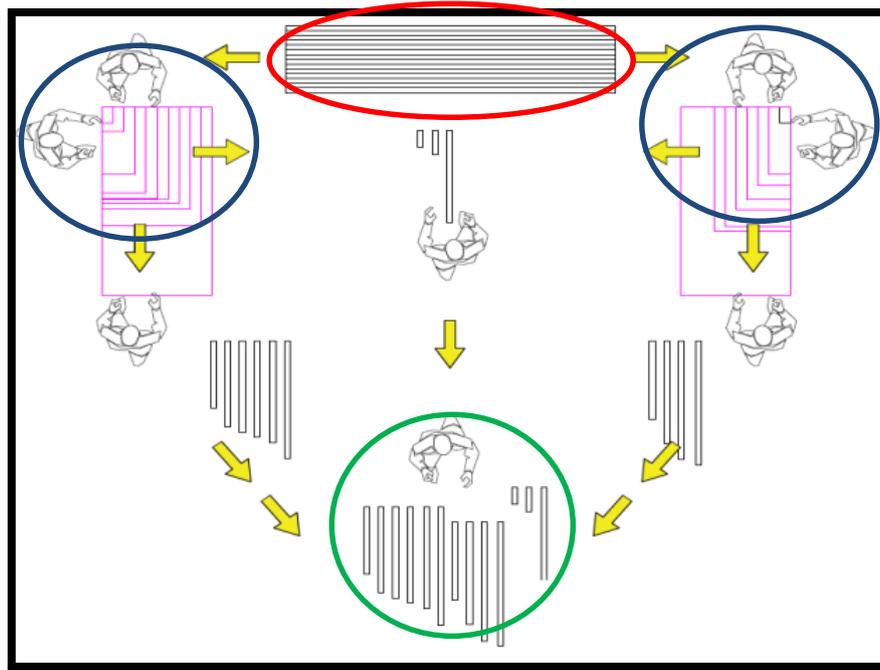


Figura 2.13: Primer diseño ideal del layout representando flujo de materiales de la línea.

En la figura 2.13 podemos observar la forma que se esperó que tenga la línea en un inicio, donde se puede ver las estaciones que forman parte de la línea, mesas de corte y áreas de agrupación. Y que la principal actividad a desarrollar dentro de la línea es el corte que se realizan a los tubos, ésta es aquella área de círculo color azul.

Para el flujo de material, el cual es denotado por la flecha de color amarillo, se partió desde la materia prima que es la agrupación de tubos de 3 metros (aquella con el círculo de color rojo), hasta el área de ensamble final donde se agrupan todos los tubos ya cortados (aquella con el círculo de color verde).

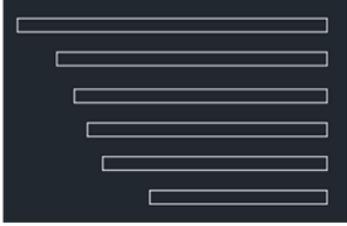
2.2.4.2 Unidad de carga

Conociendo que dentro de la línea de producción el manejo de materiales es de vital importancia, debido a que influye mucho en el tiempo de proceso y puede generar algún costo, es necesario conocer cuál será la unidad de carga, el material que fluirá dentro de la línea, considerando siempre su fácil manejo y bajo costo.

Para la elaboración de los refugios PVC se presentan las siguientes características para la materia prima manejada por los operarios. Su fin es mostrar por medio de los ejes "X" y "Y", la forma en que se realiza el traslado del material por parte del operario, y las dimensiones del producto a ser trasladado dentro de la línea.

Considerando las regulaciones del Decreto Ejecutivo 2393 sobre Manejo de Materiales:

Tabla 8: Unidad de carga y representación gráfica de movimiento realizado por operario.

	Representación del Área PVC	Vista de Superior de Planta	
		Eje x (Longitud)	Eje y (Espesor)
Operario		Movimiento realizado para mover material	Movimiento natural del cuerpo. Distancias cortas
Unidad de Carga		300 cm, la mayor, luego depende del tubo cortado	5,08 cm

En la tabla 8 podemos observar que el movimiento realizado por el operario es natural, no necesita de mayor esfuerzo para poder realizar el traslado de los tubos, aun considerando que estos tienen diferentes dimensiones. Sus pesos no fueron considerados debido a que las tuberías no influían en éste factor al tener que ser manejadas.

Sus componentes y características las podemos ver en la tabla 9:

Tabla 9: Elementos para Elaborar un Kit Refugio.

Elementos para elaborar 1 KIT Refugio								
Nudos	Base (Nudos A B C)	Tipo de Elemento	Cantidad	Armazón (13 Tubos 3 m c/u)	Base	Tipo de Elemento	Cantidad	Medida (cm)
		Tees 2"	6			Tubo 2"	2	300
		Union 2"	10			Tubo 2"	2	72
		Codo 90°	4			Tubo 2"	2	83
		Yees 2"	4			Tubo 2" (Retazo)	2	26
		Retazo 17,5 cm	4			Tubo 2" (Retazo)	4	17,5
	Paredes (Nudos D E F)	Yees 2"	8		Tubo 2"	4	125,5	
		Tees 2"	4		Tubo 2"	4	91	
		Union 2"	4		Tubo 2"	2	98	
		Codo 45°	6		Tubo 2"	2	83	
		Cruz 2"	2		Tubo 2"	2	109,5	
	Cubierta (Nudos G H I)	Tees 2"	2		Tubo 2"	3	91	
		Codo 45°	3		Tubo 2"	1	102,5 H	
		Yees 2"	4		Tubo 2"	1	97 H	
		Union 2"	2		Tubo 2"	1	108 H	
		Cruz 2"	1		Tubo 2"	2	131,5	
			Tubo 2"	2	126,5			
		Tubo 2"	1	83				
		Tubo 2"	1	98				
Total							38	
Agrupaciones de los tubos por longitud								
Rango		Color						
17,5 - 30								
70 - 100								
100 - 131,5								
131,5 - 300								

2.2.4.3 Layout actual

Para la determinación del layout actual, es decir la correcta distribución de las estaciones de la línea de producción, usaremos la herramienta Planeación Sistemática de la Distribución, Systematic Layout Planning en inglés. Una vez ya propuesto el primer flujo de materiales, éste será utilizado como una entrada para el método según lo propuesto en las definiciones teóricas.

Planeación Sistemática de la Distribución

Análisis de relación entre actividades

Como se detalló anteriormente la línea está conformada por cuatro estaciones de trabajo junto a las estaciones de materia prima y producto terminado, y éstos están relacionados secuencialmente según la naturaleza del producto. Con la presente herramienta se desea

mostrar que el flujo propuesto al principio es cercano a lo ideal según las características del producto.

A continuación, se establece el grado de relación entre las estaciones de la línea de producción, con el objetivo de llegar a saber qué estaciones deberían estar relacionadas y cuáles no deberían estarlo, por medio de la tabla de interrelaciones regida según los códigos propuestos en la tabla 10 y su relación de proximidad según la figura 2.14, presentadas a continuación:

Tabla 10: Códigos empleados para determinar la relación de proximidad (precedencia).

CÓDIGOS UTILIZADOS PARA DETERMINAR LA CERCANÍA DE LA RELACIÓN				
Valor	Significado	Ponderación	Tipo de Línea	Razón
A	Absolutamente necesario	4		Precedencia necesaria
E	Especialmente importante	3		Precedencia necesaria
I	Importante	2		Precedencia necesaria
O	Ordinariamente necesario	1		Precedencia necesaria
U	Sin Importacia	0		Precedencia necesaria
X	No deseable	-1		Precedencia necesaria

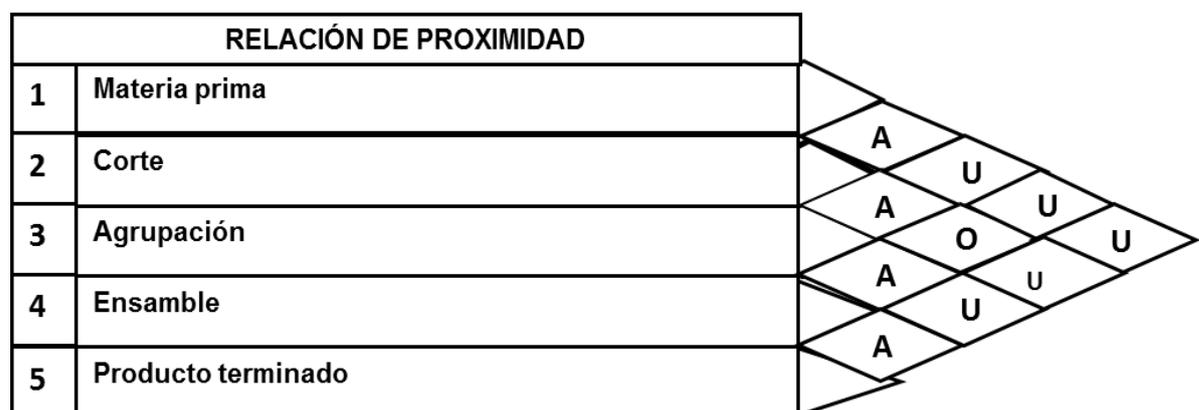


Figura 2.14: Relación de proximidad de estaciones línea de producción de refugios de PVC.

Desarrollo del diagrama relacional de actividades

Una vez que se establece la relación de proximidad entre las diferentes estaciones, se procede a realizar el diagrama de relación entre las mismas, según los códigos de relación, en la siguiente figura:

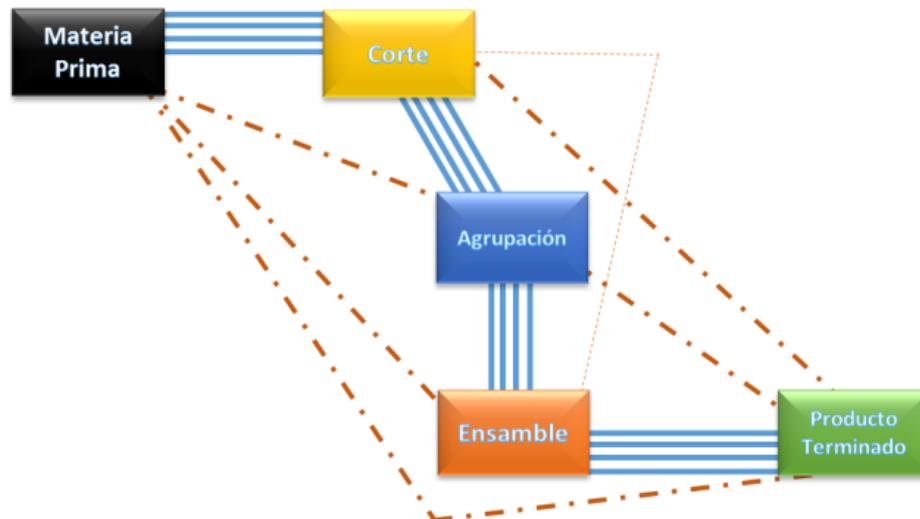


Figura 2.15: Relación de actividades de línea de producción de Refugios de PVC.

En la figura 2.15 se puede apreciar de forma notoria que las relaciones son representadas por las líneas, y éstas mayor en cantidad sean representan mayor importancia. Dando una idea de cómo puede ir formándose el layout actual, según lo establecido en relación a las precedencias necesarias demandadas por las características del producto. En el siguiente paso se establecen las necesidades de espacios actuales disponibles ya que ésta es una de las actuales limitantes del proyecto debido a la falta de recursos.

Requerimientos de Espacio

En cuanto a la línea de producción de refugios PVC que será implementada, para posteriores análisis (propuesta de layout final) se considerará requerimientos de espacio y técnicos en base a lo legal sin tomar en cuenta la limitante de espacio. Se muestra a continuación éstos requerimientos, acorde al espacio dado por el club de Diseño y Publicidad UGA, en la tabla 11:

Tabla 11: Requerimientos de espacio para la línea de producción de refugios de PVC según la disponibilidad (actual limitante).

		Eje X (m)	Eje Y (m)	Área Real m ²	No. Bloques
Materia prima	MP	3,2	0,55	1,76	1
Corte	CT	2,94	2,21	6,50	4
Agrupación	AG	1,03	1,33	1,37	1
Ensamble	EN	2,02	1,1	2,22	2
Producto terminado	PT	2,1	3	6,30	4
Total		11,29	8,19	18,15	12

Para la evaluación de las alternativas se utilizó el método de eficiencia relativa basado en el diagrama de relaciones, el cual determina flujos totales para las alternativas propuestas generando una alternativa ganadora, que es la que tiene mayor ratio de eficiencia de flujo total. Las alternativas y la mejor de éstas son presentadas en las figuras 2.16 y 2.17:

MP	CT	CT
AG	CT	CT
EN	EN	PT
PT	PT	PT

Opción 1
Flujo total
eficiencia: 100%

MP	CT	CT	AG
CT	CT	EN	EN
PT	PT	PT	PT

Opción 2
Flujo total
eficiencia: 94%

MP	CT	PT
CT	CT	PT
CT	EN	PT
AG	EN	PT

Opción 3
Flujo total
eficiencia: 94%

Figura 2.16: Opciones de layout para la línea de Refugios de PVC, con su respectiva ratio de eficiencia.

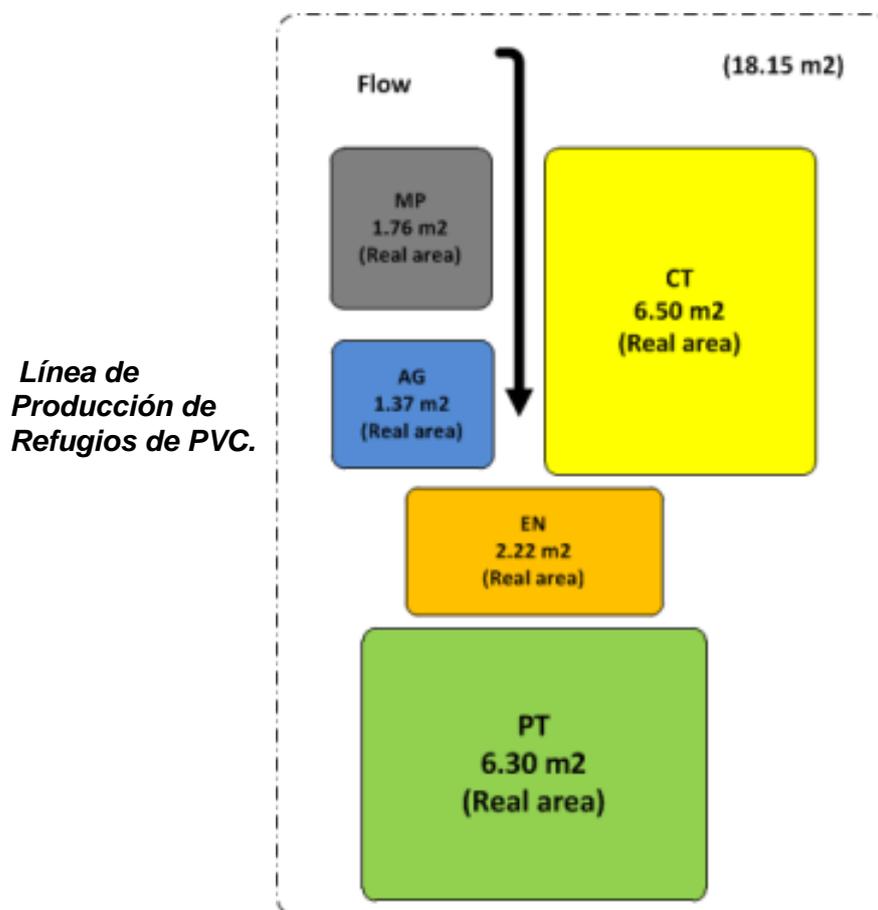


Figura 2.17: Distribución de línea de Producción de Refugios de PVC actual.

Con la información obtenida para la distribución de planta, se muestra a continuación el diseño de layout actual denotando el flujo de materiales y movimientos de los operadores que realizan durante el proceso:

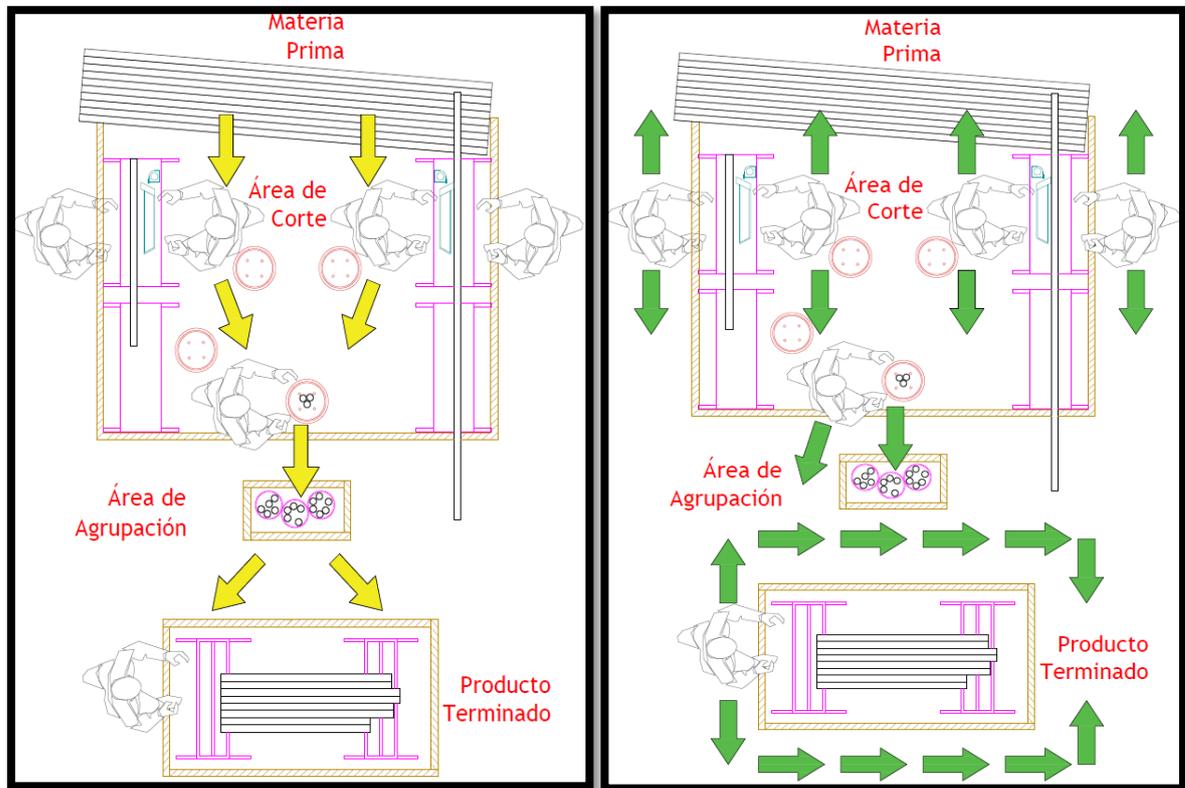


Figura 2.18: Vista superior del layout actual de la línea de producción de Refugios de PVC.

En la figura 2.18 podemos observar el layout actual de la línea de producción de refugios de PVC, donde se puede notar las diferentes áreas de trabajo con sus respectivas personas responsables.

En la figura de la izquierda vemos el flujo de materiales, representado por flechas de color amarillo, el cual muestra el movimiento que tendrán los tubos dentro de la línea, empezando desde el área de materia prima hasta el área de producto terminado.

En la figura de la derecha vemos el recorrido de las personas, representado por flechas de color verde, éste refleja el movimiento realizado por las personas dentro de la línea, el cual es necesario para poder desarrollar las diferentes actividades y realizar el movimiento de materiales dentro de las estaciones de trabajo.

Luego se realizó el diseño del lugar en el cual la línea fue establecida, recordando que éste fue dado por el club de Diseño y Publicidad UGA de la facultad de EDCOM:

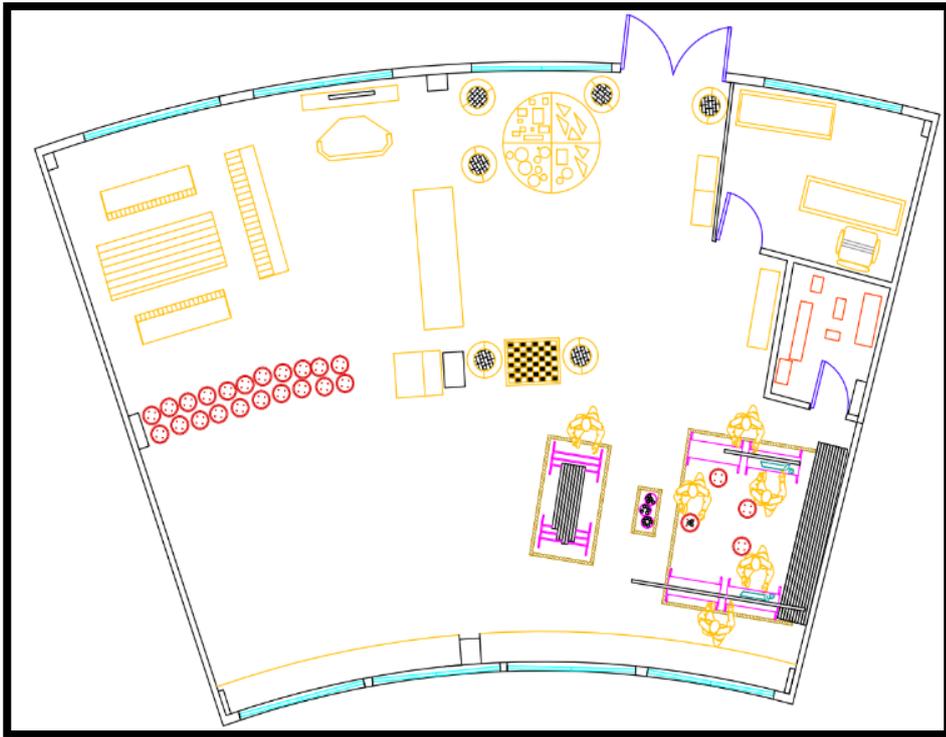


Figura 2.19: Instalaciones de UGA, donde se encuentra la línea de producción.

En la figura 2.19 se muestra el lugar en el cual la línea fue establecida, y cuál es el espacio que esta ocupa dentro del área que fue ofrecido a nosotros para poder realizar el proyecto. Donde se puede observar que el espacio que es utilizado apenas ocupa la cuarta parte del lugar, dejando libertad para que la línea aún pueda seguir expandiéndose.

2.2.4.4 Gestión del personal

Planificación del personal en planta

Debido a que el trabajo realizado dentro de la línea de producción es hecho por estudiantes, se necesitó de una planificación acorde a su disponibilidad para trabajo, considerando sus horarios de clases.

Gestión de Personal

En el proceso de identificar e interesar a candidatos capacitados para llevar a cabo la línea de producción de refugios con tubos PVC, se llevaron a cabo diferentes pasos:

a) Identificar el perfil de puesto de trabajo.

Tabla 12: Perfil Puesto de Trabajo Línea de Refugios de PVC
Perfil del Puesto

1. Nombre del puesto	
Pasante.	
2. Funciones Generales	
La persona que ocupe esta función deberá intervenir en la actividad propia a la de fabricación de refugios (corte y pre- ensamble y ensamble).	
3. Funciones Especificas	
1. Realizar cortes de tubos según guías.	2. Verificación de calidad.
3. Embalado y ensamble de tubos por medidas.	4. Desarrollo de proyectos específicos.
5. Embalaje de Kit final.	
4. Requerimientos Académicos	
Estudiante de Ingeniería y Administración de la Producción Industrial (mínimo de nivel 300 II).	

b) Planificación del número de participantes necesarios.

Información proporcionada por los estudiantes de la materia integradora encargados de las actividades diarias en la línea de producción.

c) Búsqueda de personas elegibles a ocupar las vacantes disponibles en el proyecto.

Posterior a la planeación de recursos necesarios, se realizó una búsqueda interna entre estudiantes de la misma carrera antes mencionada.

d) Evaluación de candidatos.

Esta evaluación de candidatos se basó en el perfil de trabajo, de la diversificación de estudiantes que hubieran aprobado materias del perfil profesional de la malla curricular para la posterior asignación de proyectos, además de la disponibilidad del horario del reclutado.

El proceso de reclutamiento lo podemos observar en la figura 2.20:

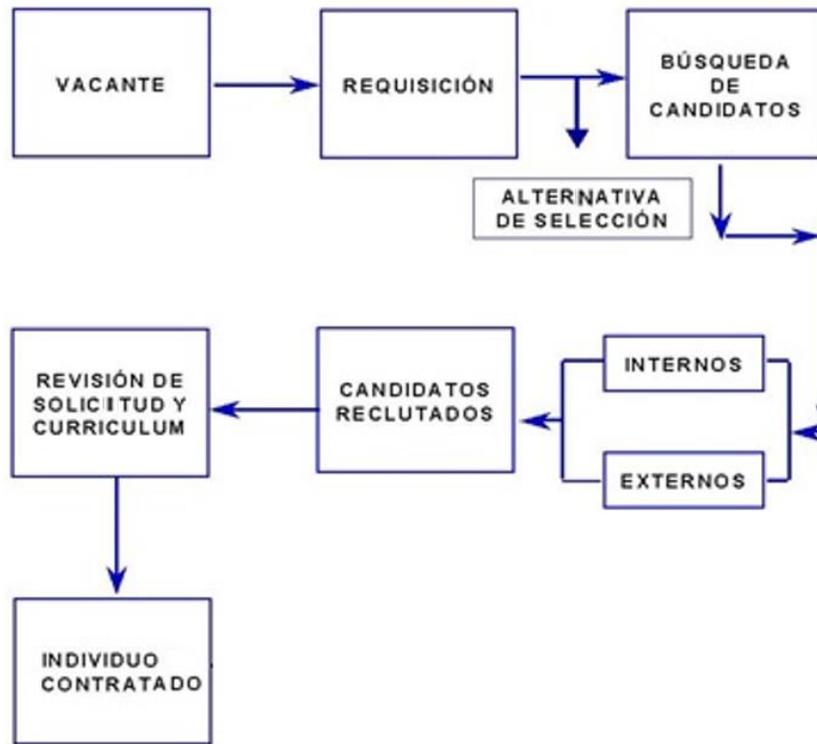


Figura 2.20: Proceso de Reclutamiento y Selección.

Una vez seleccionados los participantes en el proyecto, se realizó la planificación de horarios para actividades en el taller de corte según la disponibilidad de cada individuo.

A continuación, se muestra en la tabla 13 y 14 un fragmento de la matriz cronológica, en donde se presenta el horario a cumplir por cada pasante durante el día viernes, su participación en la línea dado como: “Pasante en fracción de hora” haciendo referencia al número de horas que cumple por día cada pasante y “Horas de participación por pasante” refiriéndose al número de horas presenciales que realiza cada participante dentro del taller de la línea de refugios:

Tabla 13: Planificación del Personal en la Línea de Producción (Día Viernes).

		PASANTÍAS COMUNITARIAS																	
		PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE REFUGIOS CON TUBOS PVC																	
		VIERNES																	
N°	Participantes	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	HORAS DE PARTICIPACIÓN POR PASANTE
		8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	
1	Hilda María León Kuantay				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	16.5
2	Olga Mariam Paredes Parrales				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	16.5
3	Henry David Flores Muñiz													0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	13
4	Osmar Emilio Sandoval Chalén																		10.5
5	Luis Eduardo Espinoza Pastuzaca																		6
6	Emilio José Illasca Rodríguez				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5						9
7	Miguel Ángel Guerrero Mendoza										0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	8
8	Gabriel Fernando Serrato Delgado				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	9.5
9	Jhonny Daniel Rodríguez Gallegos										0.5	0.5	0.5	0.5					6
11	Ángel Roberto Guevara Orozco																		6
	Pasante en fracción de hora	0	0	0	5	5	5	5	4	4	6	6	6	7	5	5	5	5	109

Tabla 14: Planificación del Personal en la línea de Producción (Día Lunes).

N°	Project Team Work	Monday																
		8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
1	John Adrian	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
2	Juan Pablo Paredes R.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
3	Hilda María León Kuontay													0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
4	Olga Mariam Paredes Parrales													0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
5	Henry David Flores Muñiz													0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
6	Osmar Emilio Sandoval Chalén	0,5	0,5	0,5														
7	Luis Eduardo Espinoza Pastuzaca																	
8	Emilio José Illesca Rodríguez								0,5	0,5	0,5	0,5						
9	Miguel Ángel Guerrero Mendoza								0,5	0,5	0,5	0,5						
10	Gabriel Fernando Serrato Delgado	0,5	0,5	0,5														
11	Jhonny Daniel Rodríguez Gallegos								0,5	0,5	0,5	0,5						
12	Gustavo Andrés Martínez Ruiz	0,5	0,5	0,5														
13	Ángel Roberto Guevara Orozco								0,5	0,5	0,5	0,5						
	Volunteers																	
14	Jeremy Tomalá								0,5	0,5	0,5	0,5						
15	Julio Morales																	
	Staff per time	3	3	3	0	0	0	0	5	5	5	5	0	3	3	3	3	3

Además de esto, para efectuar el control de las horas presenciales que ejerce cada pasante, se elaboró una Lista de Asistencia, en la cual se registra el horario de entrada y salida al taller y la firma correspondiente al pasante; éste documento sirvió como respaldo para los reportes de control diario de asistencia y el resumen de asistencia de horas planificadas. Éste puede ser observado en el Apéndice 6.

Como se definió en el alcance una de las restricciones que la línea de producción podría tener era el tema de la falta del personal, lo cual en la siguiente gráfica se puede apreciar, reflejando en esta un 50% menos en su capacidad productiva hablando en términos de personas, pues consta de dos líneas que realizan la misma labor. Lo cual hace que una de ellas carezca de personal y no permite tener a ambas líneas produciendo a la par. Evidencia que se puede observar en la figura 2.21:

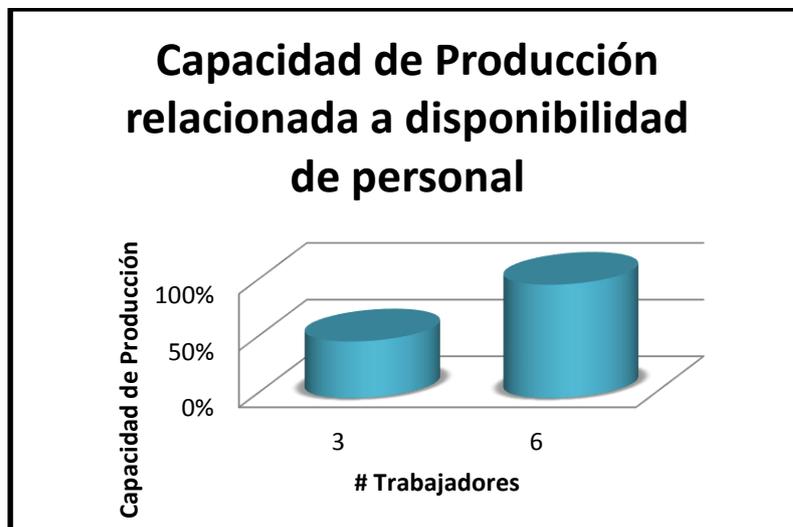


Figura 2.21: Capacidad de Producción vinculada la Planificación del Personal.

2.2.5 Selección del Sistema de Control de Producción

Usando la herramienta antes descrita en el marco teórico, un Framework, capaz de poder calificar a diferentes sistemas de producción acorde al ambiente que posee una línea de producción, se procedió a evaluar diferentes sistemas mostrados en las tablas 15, 16, 17 y 18, las cuales se observan a continuación:

Evaluación del kanban acorde a las dimensiones del producto y proceso

Tabla 15: Evaluación Dimensiones y Categorías Propuestas en Framework de Kanban, para selección del PPC's acorde al ambiente de manufactura.

KANBAN EVALUATION APPLYING THE FRAMEWORK FOR THE PPCs SELECTION						
Dimension	Category	Score	Category	Score	Category	Score
Level of customization	Customized product	-9	Semi-customized product	-3	Standard product	9
Product Structure	Simple products	9	Multi-level products	-9		
Process Pattern	Job Shop	-9	Batch flow	-3	Line flow	9
Set-up times	Sequence independent	9	Sequence dependent	-9		
Product process information	General/Sparse/Out of date/centralized	9	Detailed/Abundant/Up to date/Descentralised	3		
Level of training	High operator skill	3	Low operator skill	9		
Processing time variability	LV Processing time	3	MV Processing time	-3	HV Processing time	-9

Fuente: Tesis Doctoral; Determining the Most Appropriate Production Planning and Control System for Small Enterprises: Framework and field tests; Marcos Nicolajef Buestán Benavides.

Evaluación del CONWIP acorde a las dimensiones del producto y proceso

Tabla 16: Evaluación Dimensiones y Categorías propuestas en Framework de CONWIP, para selección del PPC's acorde al ambiente de manufactura.

CONWIP EVALUATION APPLYING THE FRAMEWORK FOR THE PPCs SELECTION						
Level of customization	Category	Score	Category	Score	Category	Score
Level of customization	Customized product	-9	Semi-customized product	-3	Standard product	9
Product Structure	Simple products	9	Multi-level products	-9		
Process Pattern	Job Shop	-9	Batch flow	-3	Line flow	9
Set-up times	Sequence independent	9	Sequence dependent	-9		
Product process information	General/Sparse/Out of date/centralized	9	Detailed/Abundant/Up to date/Descentralised	3		
Level of training	High operator skill	3	Low operator skill	9		
Processing time variability	LV Processing time	3	MV Processing time	-3	HV Processing time	-9

Fuente: Tesis Doctoral; Determining the Most Appropriate Production Planning and Control System for Small Enterprises: Framework and field tests; Marcos Nicolajef Buestán Benavides.

Evaluación del S-DBR acorde a las dimensiones del producto y proceso

Tabla 17: Evaluación Dimensiones y Categorías propuestas en Framework de S-DBR, para selección del PPC's acorde al ambiente de manufactura.

S-DBR EVALUATION APPLYING THE FRAMEWORK FOR THE PPCs SELECTION						
Level of customization	Customized product	9	Semi-customized product	9	Standard product	1
Product Structure	Simple products	9	Multi-level products	-9		
Process Pattern	Job Shop	-9	Batch flow	3	Line flow	9
Set-up times	Sequence independent	9	Sequence dependent	-9		
Product process information	General/Sparse/Out of date/centralized	9	Detailed/Abundant/Up to date/Decentralised	1		
Level of training	High operator skill	3	Low operator skill	9		
Processing time variability	LV Processing time	9	MV Processing time	3	HV Processing time	-9

Fuente: Tesis Doctoral; Determining the Most Appropriate Production Planning and Control System for Small Enterprises: Framework and field tests; Marcos Nicolajef Buestán Benavides.

Evaluación del MRP acorde a las dimensiones del producto y proceso

Tabla 18: Evaluación Dimensiones y Categorías propuestas en Framework de MRP, para selección del PPC's acorde al ambiente de manufactura.

MRP EVALUATION APPLYING THE FRAMEWORK FOR THE PPCs SELECTION						
Level of customization	Customized product	-9	Semi-customized product	-3	Standard product	9
Product Structure	Simple products	1	Multi-level products	9		
Process Pattern	Job Shop	-9	Batch flow	-3	Line flow	9
Set-up times	Sequence independent	9	Sequence dependent	-9		
Product process information	General/Sparse/Out of date/centralized	-9	Detailed/Abundant/Up to date/Decentralised	9		
Level of training	High operator skill	9	Low operator skill	-9		
Processing time variability	LV Processing time	1	MV Processing time	-3	HV Processing time	-9

Fuente: Tesis Doctoral; Determining the Most Appropriate Production Planning and Control System for Small Enterprises: Framework and field tests; Marcos Nicolajef Buestán Benavides.

La presente evaluación se realiza considerando como primer paso establecer las características del ambiente de manufactura de la línea de producción de refugios PVC, y con estos resultados ver según la evaluación en base a las dimensiones propuestas por el framework cual obtiene mejor puntuación, es decir, se acopla más a las características funcionales para cumplir con el objetivo de eficiencia de la línea deseado.

2.3 Baños Ecológicos

2.3.1 Investigación de Mercado

Segmentación del mercado potencial:

Tabla 19: Matriz de Desarrollo de Investigación de Mercado.

Modelo de matriz para desarrollo de la IM			
Tema principal de la IM	Objetivos generales	Objetivos específicos	Instrumento de recolección de datos
Determinar la viabilidad de la construcción de una planta ensambladora de baños ecológicos "Taladro de la Tierra"	Analizar demanda potencial	Identificar población en necesidad de los baños ecológicos (sin acceso al agua potable)	INEC /SGR/Fundación
		Identificar el total de lugares del país en los cuales la demanda se encuentra localizada	INEC /SGR/Fundación
	Determinar canales de distribución óptimos	Determinar medios de transporte a los lugares donde se localiza la demanda potencial	Google Maps / Fuentes secundarias

Análisis de la demanda

Para el análisis de la demanda potencial se considerará a las personas sin acceso al agua potable en la actualidad independientemente de los acontecimientos del 16 de Abril del presente año, pues el producto tiene como objetivo a las personas tanto afectadas por el terremoto como a las personas que desde antes de la catástrofe no tenían acceso al agua potable. En el presente documento se manejará como demanda potencial a habitantes refugiados de los cantones que presentan un pobre acceso al agua potable que se presentará en la figura 2.22. Además, en los cantones que no fueron afectados que no tienen acceso al agua potable se determinará población rural siendo esta la población potencial para ofertar el producto.

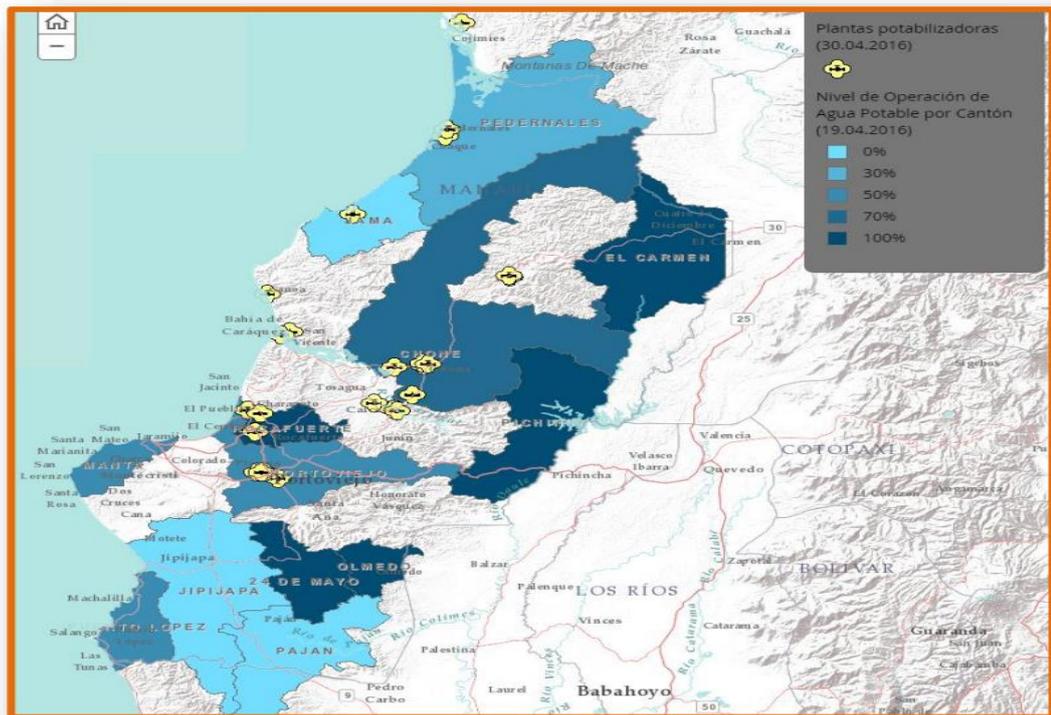


Figura 2.22: Niveles de Operación de Agua Potable en el País.
Fuente: Secretaría de Gestión de Riesgos Informe de Situación N-65 SGR.

Teniendo ya los lugares con porcentaje cero de operación de agua potable podemos remitirnos a la información obtenida de los refugiados en estos sectores los cuales se convertirán en una posible demanda potencial, además como ya se mencionó los sectores rurales en los cuales desde antes de la catástrofe no existía el acceso al servicio básico.

Jama

Tabla 20: Total de Familias y Personas Refugiadas por Provincia y Cantón.
Fuente: Secretaría de Gestión de Riesgos Informe de Situación.

# Total de Familias y Personas Refugiadas por Provincia y Cantón			
	Suma de # DE FAMILIAS	Suma de # DE PERSONAS	
ESMERALDAS	1792	6653	
MUISNE	1792	6653	
MANABÍ	4130	15604	
BOLÍVAR	33	140	
CHONE	131	559	
FLAVIO ALFARO	10	41	
JAMA	437	2205	

Se observa en la tabla 20 que el número de familias refugiadas en Jama es de 437 aproximadamente tomando en consideración que algunas de estas familias al presente pueden no encontrarse en las mismas condiciones que al momento de ocurrida la catástrofe.

En países como el Ecuador, en los cuales existen varias zonas (extensas) en las cuales la gente no tiene acceso al agua potable, se ve como una necesidad el uso de un sistema alternativo para las evacuaciones de los habitantes, ya que en algunos casos las evacuaciones llegan a ser realizadas sencillamente en huecos hechos en la tierra sin ningún tipo de higiene lo cual genera condiciones, para estas personas que habitan en dichos lugares, poco higiénicas. Además, las hace propensas a la generación de enfermedades causadas por dicha condición.

El mecanismo del baño ecológico "Taladro de la Tierra" posee condiciones aptas para estas situaciones ya que no necesita de agua para su accionar, basta con aserrín el cual funciona como inhibidor del olor generado por las evacuaciones. Sin duda alguna deben considerarse varios factores entre ellos la posibilidad a mediano plazo de que estén personas ya tengan acceso al agua potable pero la realidad actual y muy probablemente de los próximos 5 años es que estas personas seguirán sin acceso al agua potable o alcantarillado.

No obstante, en la actualidad no solamente son esos casos los que ameritan éste tipo de artefactos, existe ya gente con una radical opinión ambientalista los cuales también optan por éste tipo de elementos para su diario vivir.

Situación actual

Para hallar un segmento de mercado lo primero que se determinó fue el tipo de servicio higiénico de las diferentes viviendas en zonas urbanas y rurales que sean prospectos de segmentos de demanda a futuro. De esta manera se obtiene que del área el tipo de servicio higiénico por viviendas pueda ser mostrado en la tabla 21 y figura 2.23:

Tabla 21: Mercado de Viviendas Segmentado por Tipo de Servicio Higiénico por Área.
Fuente: INEC, Fundación promotora del proyecto.

		Tipo de servicio higiénico			Total
		Excusado y alcantarillado	Letrina	No tiene	
ÁREA	Urbana	2.235.736,00	13.964,00	32.586,00	2.886.652,00
	Rural	327.522,00	54.087,00	119.823,00	1.285.057,00
Total		2.563.258,00	68.051,00	152.409,00	4.171.709,00

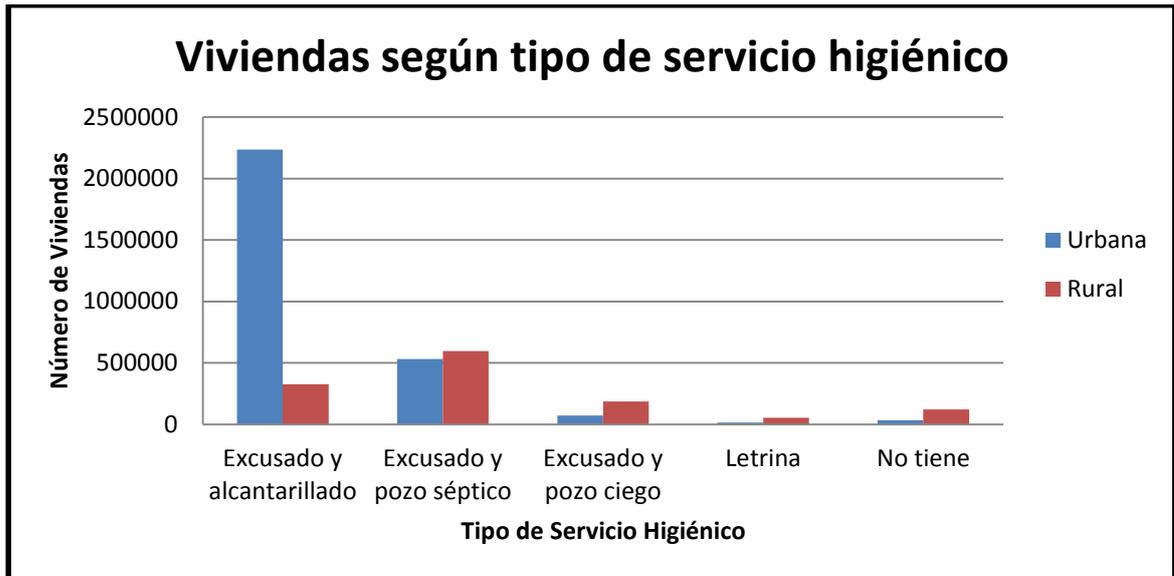


Figura 2.23: Gráfico de Mercado de viviendas segmentado por tipo de servicio higiénico.
Fuente: INEC, Fundación promotora del proyecto.

El mercado de viviendas potencial considerado de ese mercado es el de viviendas cuyo servicio higiénico consta de letrinas o que carecen de algún tipo de servicio higiénico en lo absoluto ya sean estos de áreas rurales o urbanas. Por lo tanto, el mercado nacional se diferencia de la siguiente manera en cuanto a su tamaño porcentual, según la tabla 22:

Tabla 22: Porcentaje de Mercado de viviendas porcentual nacionales segmentado por tipo de servicio higiénico.
Fuente: INEC, Fundación promotora del proyecto.

Excusado y alcantarillado	Letrina	No tiene	Total
2.563.258,00	68.051,00	152.409,00	4.171.709,00
61%	2%	4%	

Obteniendo de esto que existe un mercado potencial de viviendas de aproximadamente 220.460,00 viviendas tomando en consideración un promedio de 4,5 personas por vivienda lo cual será detallado en los supuestos asumidos para los cálculos.

Canales de distribución

El producto será mediado por los siguientes clientes, los cuales son los compradores que beneficiarán a los usuarios con el producto.

En la tabla 23 se presenta a los grupos mediadores que conforman el mercado total proyectado, con respecto a los mercados de vivienda presentados anteriormente estos mantienen como canal al gobierno y serán considerados solo los de áreas rurales para el global ya que las áreas urbanas son más propensas a conseguir servicio de alcantarillado más rápido dentro de los siguientes años.

Además, se presenta el supuesto porcentaje de cada respectivo grupo que estaría dispuesto a comprar el Taladro de la tierra.

Tabla 23: Tamaño del mercado segmentado por canales de distribución en Ecuador.
Fuente: INEC, Fundación promotora del proyecto.

Tamaño del Mercado en Ecuador		
Grupo	%	Mercado
Familias = Gobierno (Viviendas con letrinas y sin ningún SSHH)	79%	173.910
ONG: Construcción Anual	100%	200
ONG: Financiamiento Anual HG	100%	4.410
Fincas (# de trabajadores en fincas * # de baños por trabajador)	14%	31.239
LOHAS (hoteles eco: promedio de habitaciones)	10%	93
Total		209.852

Se considera para las fincas que el número promedio de personas por baño según el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo es de 17.5.

Además, se considera un crecimiento de penetración en el mercado para cada uno de los grupos mencionados en la tabla anterior. Para la aceptación del mercado del año 2016 se consideró a las siguientes cifras como escenarios pesimistas. Estos valores pueden ser observados a continuación en la tabla 24:

Tabla 24: Tasa de crecimiento porcentual de penetración en el mercado anual.
Fuente: INEC, Fundación promotora del proyecto.

Tasa De Crecimiento De Penetración De Mercado	
Gobierno	30%
ONG's	5%
Ventas directas	30%
Fincas	5%
LOHAS (Hoteles Eco)	30%

Proyección de la demanda

En la tabla 25 se muestra el resumen de la proyección de ventas anual considerando factores como tasas de crecimiento de los respectivos grupos (clientes) como crecimientos poblacionales, de crédito, entre otros; para 5 años:

Tabla 25: Proyección de la demanda anual según los segmentos de mercado.
Fuente: Fundación promotora del proyecto.

Proyección de ventas por segmento de mercado						
Segmento del Mercado	Canal	2016	2017	2018	2019	2020
Familias	Gobierno	1.507	1.992	2.627	3.467	768
	ONG's	242	267	294	324	358
	Venta directa	160	219	299	408	556
Fincas comerciales	Venta directa	273	275	276	277	278
LOHAS	Venta directa	58	76	98	124	153

2.3.2 Análisis de diseño del producto

Debido al tipo de proyecto, el producto a ser elaborado ya estaba diseñado previamente por una empresa, ésta buscó la forma de poder fabricar el mismo mediante la implementación de una línea de producción. Por éste motivo el primer paso para desarrollar la línea es analizar el diseño del producto, y establecer los requerimientos y especificaciones necesarios.

Se formará un baño ecológico hecho de plástico, en el cual se busca que su función principal sea cumplir con las mismas necesidades que un baño común. Diferenciado con el primero en que su funcionamiento no depende de agua, sino de aserrín, inclusive llegando a formar abono. Para los baños ecológicos se resalta que éste consta de tres elementos principales los cuales derivan en las demás piezas que serán realizadas por medio de inyección.

El diseño del baño y el equipo necesario para la inyección son mostrados en las figuras 2.24 y 2.25 respectivamente:



Figura 2.24: Baño Ecológico instalado.
Fuente: Fundación promotora del proyecto.



Figura 2.25: Máquina Inyectora de plástico.
Fuente: IMOCOM, Importadora de plástico.

Una vez terminada la formación de los componentes del baño ecológico, se ensamblan y el producto está listo para poder ser trasladado e instalado en donde haya sido requerido.

Las actividades de inyección, establecidas por parte de la fundación promotora del proyecto, serán realizadas con una entidad externa y trasladada a la línea que detallaremos en el presente documento para que estas sean ensambladas.

De esta manera, con la información del diseño del Baño Ecológico, en la figura 2.26 se muestra la explosión de materiales necesarios para su conformación:

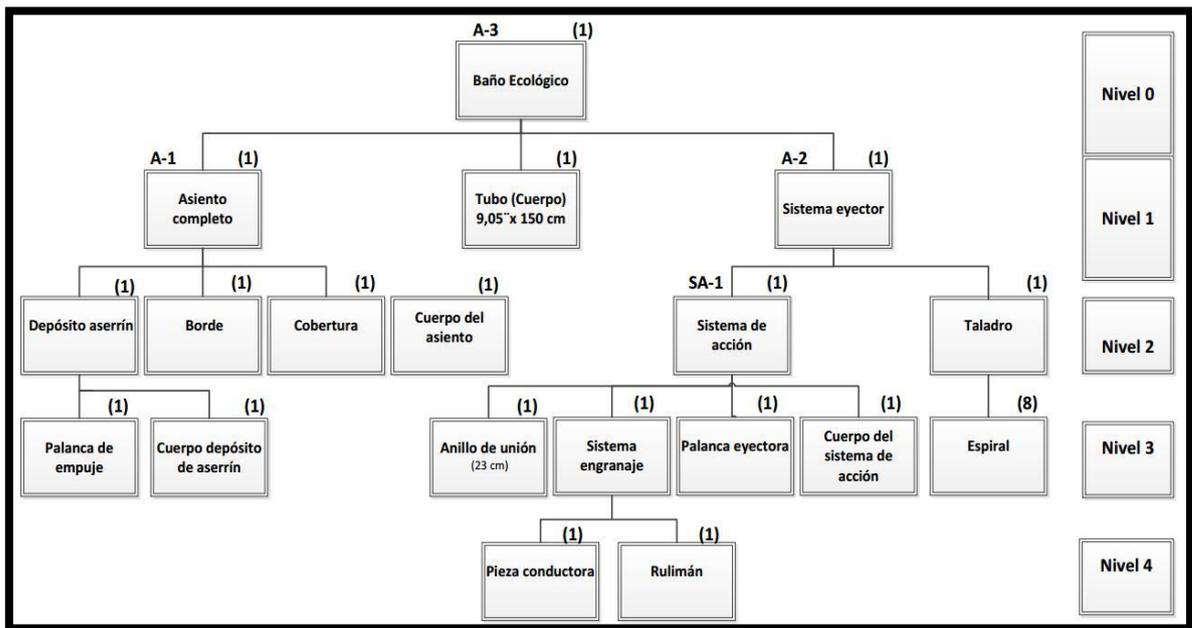


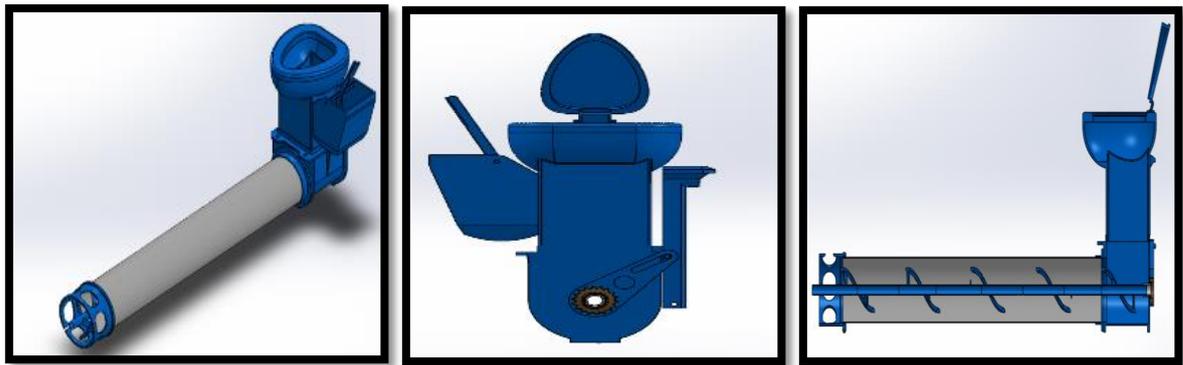
Figura 2.26: Explosión de materiales del Baño Ecológico.

Diseño final del producto Baño Ecológico

Una vez estudiado el diseño del producto, se notó que la principal actividad a ser desarrollada dentro de la línea es el ensamble de los componentes del baño ecológico. Con lo cual se pudo establecer que el producto final a ser procesado por la línea será el baño ecológico ya ensamblado, tanto el inodoro como el sistema complementario (el que mueve el material).

Se decidió separar el baño en estos dos grupos, debido a la naturaleza del producto, donde el inodoro debe de estar al alcance del usuario, y el sistema que maneja la materia debe ser lo más higiénico posible, evitando malos olores y cumpliendo con la función de traslado de material.

Las diferentes vistas del producto final lo podemos ver en la figura 2.27:



Vista diagonal

Vista posterior

Vista Lateral

Figura 2.27: Producto Final Baño Ecológico.
Fuente: Fundación promotora del proyecto.

2.3.3 Diseño del proceso productivo

Luego de haber detallado y analizado el producto a ser producido, se debe estudiar el proceso mediante el cual será elaborado. Es muy común que las decisiones del diseño del proceso se realicen antes de la fase de diseño de las instalaciones, por lo cual la primera acción fue recolectar la información necesaria acerca del proceso productivo.

El proceso de elaboración del baño ecológico se basó en las actividades realizadas por la fundación promotora del proyecto, la misma que ya había realizado antes estas operaciones, y conocía la forma de elaborar el producto final. Con esta información se logró establecer el macro proceso presentado en la figura 2.28:

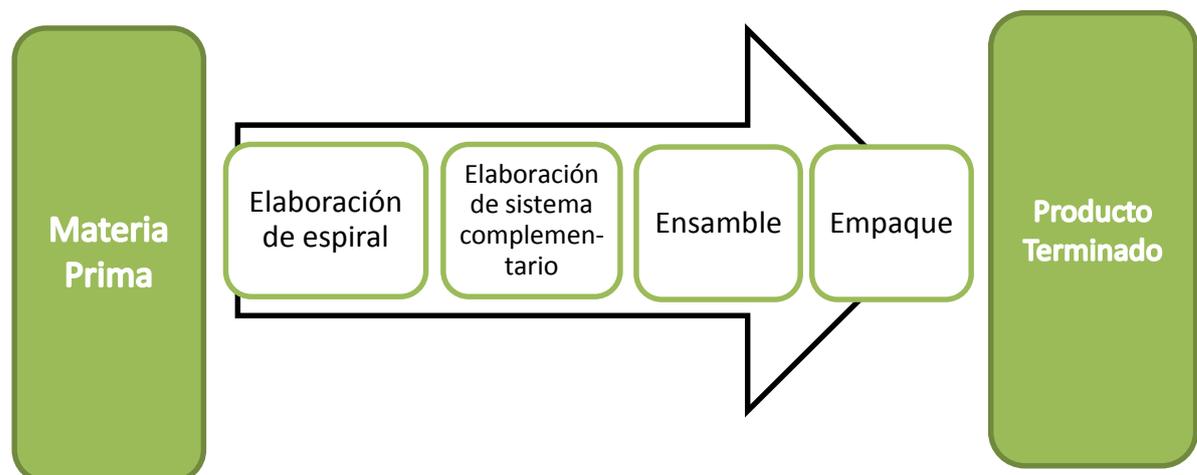


Figura 2.28: Macro Proceso de elaboración del Baño Ecológico.

A continuación, se describe de forma general cada una de las partes del macro proceso:

Proceso de elaboración espiral y sistema complementario: consiste en la elaboración por separado de la espiral y el sistema complementario según las partes que las conforman.

Proceso de ensamble: consiste en la agrupación de las partes por mesa respectiva para la conformación de los dos cuerpos principales como se mostrará posteriormente es los diagramas respectivos.

Empaquetado: consiste en ensamble de las dos partes finales para su respectiva envoltura.

2.3.3.1 Diagramas de Operaciones

Considerando el macro proceso del diseño de elaboración de Baños Ecológicos, a continuación se detallan las actividades a tomar en cuenta en cada una de las operaciones:

1. Colocación de tornillos y huecos en el tubo: primero el operario coloca el tubo sobre la mesa y procede a realizar marcaciones a lo largo del mismo según las medidas respectivas donde irán colocados los tornillos, luego hace los orificios grandes en el lado opuesto a los pequeños que realizó en el tubo y finalmente coge tornillos para en los orificios guía pequeños ir atornillando uno por uno hasta completar los 9, luego realiza los huecos opuestos donde irán los cuboides insertados con la guía respectiva.
2. Colocación de cuboides: el operario primero tiene separados 9 cuboides con medidas respectivas y con el taladro les hace huecos en ambos extremos en el centro (es decir en la cara central de los dos rectángulos) en donde posteriormente irán tornillos. Luego de hacerles los huecos a los cuboides, coge y manualmente enrosca uno por uno a los tornillos que se encuentran en el tubo. Una vez que están todos enroscados el operario sostiene el cuboide con un alicate y con el destornillador eléctrico ajusta el tornillo a presión para que penetre bien y el cuboide quede bien ajustado al tubo.
3. Colocación de tubos que envuelven a los cuboides: el operador coge los 9 tubos, que ya están cortados a medida, que irán alrededor de los cuboides y va colocando manualmente uno por uno y a su vez golpeándolos con el martillo de goma para que penetren bien y ajusten.
4. Colocación de espirales: el operario agarra la espiral y posiciona el primer segmento a la altura de donde irá atornillado que es en el cuboide (recordemos que el cuboide tenía huecos en ambos extremos, éste es el segundo, aquí van atornillados todos los segmentos de las espirales en cada uno de los 9) para taladrar un hueco a la espiral en donde ira el tornillo y luego atornillar para que quede justo el segmento de espiral el cuboide y se vaya formando la espiral completa (el taladro de la tierra).

5. Ensamble de espiral y sistema complementario (ensamble 1): una vez terminada la espiral el operador pega el tubo y el cuerpo divisor (elementos que conforman el sistema complementario) colocando pegamento en el borde del tubo e insertándolo a presión para ensamblarlo con la espiral, introduciendo ésta última dentro del tubo del sistema complementario.
6. Ensamble final (ensamble 2): el ensamble anteriormente mencionado se acopla a su vez con el asiento, último elemento restante para formar el baño ecológico. Aquí el operador debe atornillar ambos elementos según el lugar especificado para luego, apoyado en el suelo, comience el embale con funda plástica para ser almacenado en el área de producto terminado.

Una vez realizados estos pasos, se ensamblan los diferentes componentes, y está listo el baño ecológico como producto a ser entregado. Éste proceso lo podemos observar en la figura 2.29, donde se muestran los diagramas de operaciones correspondientes a la elaboración de un baño Ecológico:

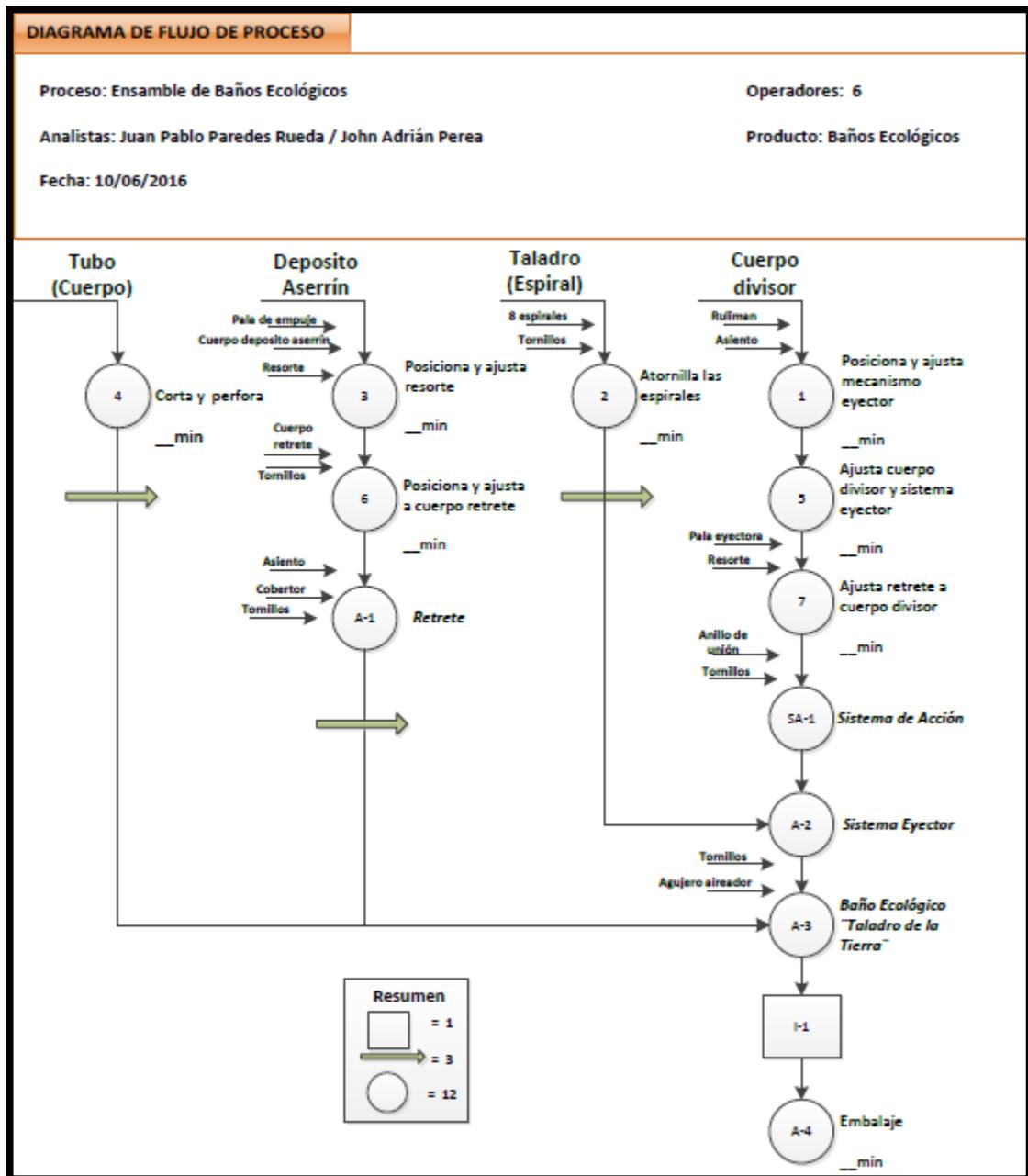


Figura 2.29: Diagrama de operaciones del baño ecológico.

2.3.3.2 Flujo de materiales

Conocido el proceso de elaboración del producto, éste tiene únicamente operaciones de ensamble lo cual indica que las tareas deben ser realizadas secuencialmente. Con el objetivo de determinar la secuencia de estas actividades se determina el diagrama de precedencia, mostrado en la figura 2.30. Por las características del producto, la Distribución por Proceso es la más adecuada de manera intuitiva ya que es característico de las líneas de ensamble siendo esto el presente caso:

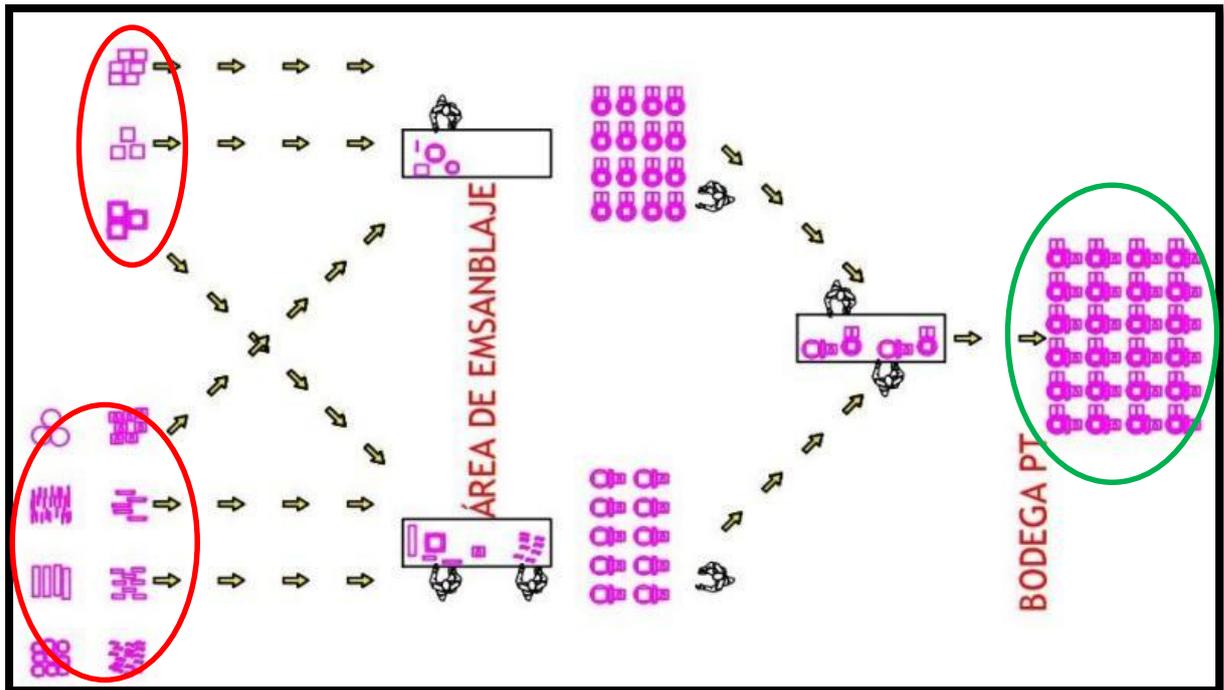


Figura 2.31: Primer diseño ideal del layout representando flujo de materiales de la línea.

En la figura 2.31 podemos observar la forma que se pensó tener la línea en un inicio, sin considerar las limitaciones de espacio. En éste podemos observar las diferentes áreas para poder procesar el baño ecológico, en donde la principal actividad por realizar es el ensamblaje de las piezas para formar el inodoro y el sistema complementario.

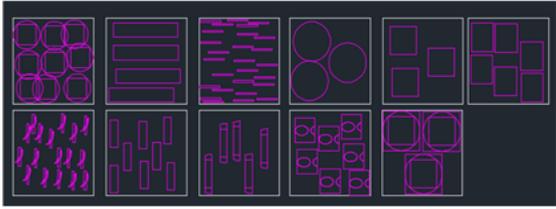
Se puede notar el movimiento del material, denotado por las flechas de color amarillo, partiendo desde el área de materia prima donde se toman los componentes plásticos (área de círculo de color rojo), hasta el área de producto terminado donde se almacena las partes ya ensambladas (área de círculo color verde).

2.3.4.2 Unidad de carga

Para la elaboración de los baños ecológicos se presentan las siguientes características para la materia prima maniobrada por los operarios. Su fin es mostrar por medio de los ejes "X" y "Y", la forma en que se realiza el traslado del material por parte del operario, y las dimensiones del producto a ser trasladado dentro de la línea.

Considerando las regulaciones del Decreto Ejecutivo 2393 sobre Manejo de Materiales:

Tabla 26: Unidad de carga y representación gráfica de movimiento realizado por operario.

	Representación del Área Baños Ecológicos	Vista de Superior de Planta	
		Eje x (Longitud)	Eje y (Espesor)
Operario		Movimiento realizado para mover material	Movimiento natural del cuerpo. Distancias cortas
Unidad de Carga		Varía acorde a las piezas que se vayan a ensamblar	El máximo pesa 3 kg.

En la tabla 26 podemos observar que el movimiento realizado por el operario es natural, no necesita de mayor esfuerzo para poder realizar el traslado de los componentes del inodoro y del sistema complementario, considerando también que estos tienen diferentes dimensiones y pesos.

En las tablas 27 y 28 podemos observar los componentes necesarios para poder formar el inodoro y el sistema complementario. Esta información fue obtenida de la fundación dueña del proyecto, encargada de llevar a cabo el proyecto de elaboración del baño ecológico:

Tabla 27: Componentes inodoro y sistema complementario Baño Ecológico.

Fuente: Fundación promotora del proyecto.

Nombre	Cantidad	Material	Unidad	Descripción
Brida	1	Polipropileno	KG	
Pieza Final de Tubería	1	Polipropileno	KG	
Segmentos de Barrena	8	Polipropileno	KG	

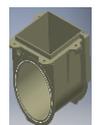
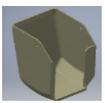
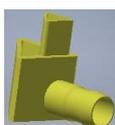
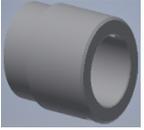
Mango de Trinquete	1	Polipropileno	KG	
Vent Base	1	Polipropileno	KG	
Vent Cap	1	Polipropileno	KG	
Base Inodoro	1	Polipropileno	KG	
Pedal	1	Polipropileno	KG	
Cámara Vertical	1	Polipropileno	KG	
Cámara de Aserrín	1	Polipropileno	KG	
Pala de Aserrín	1	Polipropileno	KG	
Desfogue	1	Polipropileno	KG	
Cubierta de Inodoro	1	Polipropileno	KG	
Tapa de Inodoro	1	Polipropileno	KG	

Tabla 28: Componentes Inodoro y Sistema Complementario Baño Ecológico.
Fuente: Fundación promotora del proyecto.

Nombre	Cantidad	Material	Unidad	Descripción
Tubo de PVC 8 Pulgadas, D=217 X 4MM L=1280MM	1	PVC	KG	
Crossover Tubería	1	INOX / Aluminio	KG	
Engranaje 18 dientes	1	Acero	-	
Resorte de Pedal	1	INOX	-	
Resorte de Pala de Aserrín	1	INOX	-	

2.3.4.3 Layout Actual

Para la determinación del layout actual, es decir la correcta distribución de las estaciones de la línea de producción, se usó la herramienta Planeación Sistemática de la Distribución, Systematic Layout Planning en inglés. Una vez ya propuesto el primer flujo de materiales éste será utilizado como una entrada para el método según lo propuesto en las definiciones teóricas.

Planeación Sistemática de la Distribución

Análisis de relación entre actividades

Como se expuso anteriormente, la línea está conformada por tres estaciones de trabajo junto a las estaciones de materia prima y producto terminado, estas están relacionadas secuencialmente según la naturaleza del producto. Con la presente herramienta se desea mostrar que el flujo propuesto al principio de ensamble es cercano a lo ideal según las características del producto.

A continuación, se establece el grado de relación entre las estaciones de la línea de producción, con el objetivo de llegar a saber qué estaciones deberían estar relacionadas y cuáles no deberían estarlo, por medio de la tabla de relaciones regida según los códigos propuestos en la tabla 29 y su relación de proximidad según la figura 2.32, presentadas a continuación:

Tabla 29: Códigos empleados para determinar la relación de proximidad (precedencia).

CÓDIGOS UTILIZADOS PARA DETERMINAR LA CERCANÍA DE LA RELACIÓN				
Valor	Significado	Ponderación	Tipo de Línea	Razón
A	Absolutamente necesario	4		Precedencia necesaria
E	Especialmente importante	3		Precedencia necesaria
I	Importante	2		Precedencia necesaria
O	Ordinariamente necesario	1		Precedencia necesaria
U	Sin Importacia	0		Precedencia necesaria
X	No deseable	-1		Precedencia necesaria

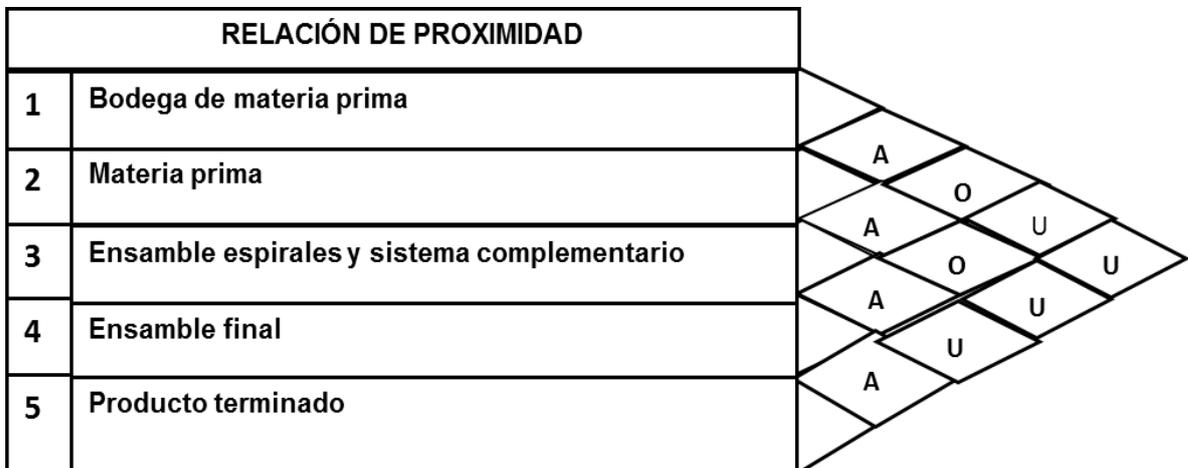


Figura 2.32: Relación de proximidad de estaciones línea de producción de baños ecológicos.

Desarrollo del diagrama relacional de actividades

Una vez que se establece la relación de proximidad entre las diferentes estaciones, se procede a realizar el diagrama de relación entre las mismas según los códigos mostrados en la tabla de relación de proximidad. Mostrado en la siguiente figura:

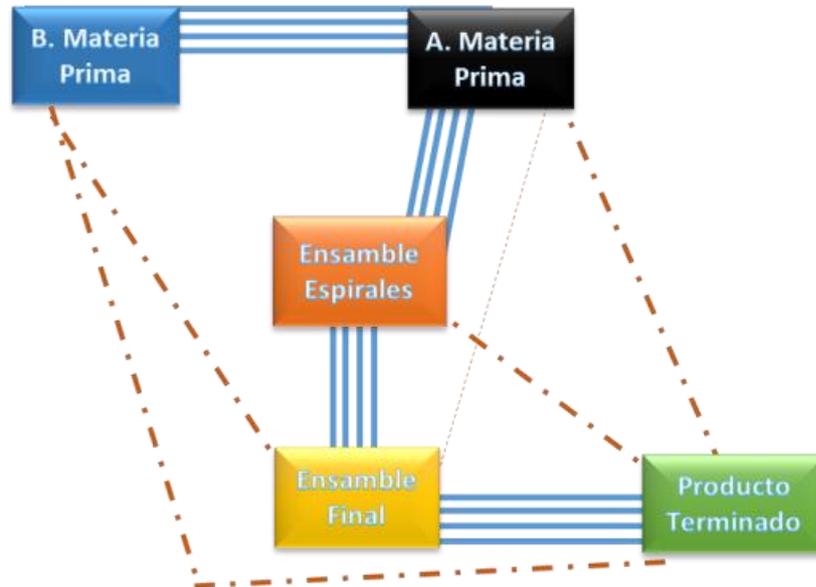


Figura 2.33: Relación de actividades de línea de producción de Baños Ecológicos.

En la figura 2.33 se puede apreciar de forma notoria que las relaciones son representadas por las líneas, y éstas mayor en cantidad sean representan mayor importancia. Dando una idea de cómo puede ir formándose el layout actual, según lo establecido en relación a las precedencias necesarias demandadas por las características del producto. En el siguiente paso se establecen las necesidades de espacios actuales disponibles ya que ésta es una de las actuales limitantes del proyecto debido a la falta de recursos.

Requerimientos de Espacio

En cuanto a la línea de producción de Baños Ecológicos que solo será diseñada, para posteriores análisis (propuesta de layout final) se considerará requerimientos de espacio y técnicos en base a lo legal sin tomar en cuenta la limitante de espacio considerada en el análisis de los refugios. Los requerimientos se encuentran a continuación en la tabla 30:

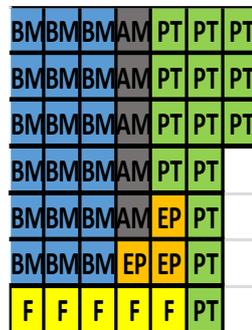
Tabla 30: Requerimientos de espacio para línea de producción de baños ecológicos.

		Eje X (m)	Eje Y (m)	Área Real m2	No. Bloques
Bodega de materia prima	BMP	6,8	5	34,00	18
Materia prima	MP	3,4	2,5	8,50	5
Ensamble espirales y sistema complementario	EN EP	2	2	4,00	3
Ensamble final	EN F	2,55	3,65	9,31	5
Producto terminado	PT	6	4,5	27,00	14
		20,75	17,65		
Total				82,81	45

Para la evaluación de las alternativas de los baños ecológicos de igual manera se utilizó el método de eficiencia relativa basado en el diagrama de relaciones el cual determina flujos totales para las alternativas propuestas generando una alternativa ganadora que es la que tiene mayor ratio de eficiencia de flujo total. Las alternativas y la mejor de éstas se muestran en las figuras 2.34 y 2.35:



Opción 1
Flujo total
eficiencia:
100%



Opción 2
Flujo total
eficiencia:
88,9%



Opción 3
Flujo total
eficiencia:
94,4%

Figura 2.34: Opciones de layout para la línea de Baños Ecológicos, con sus respectivos ratios de eficiencia.

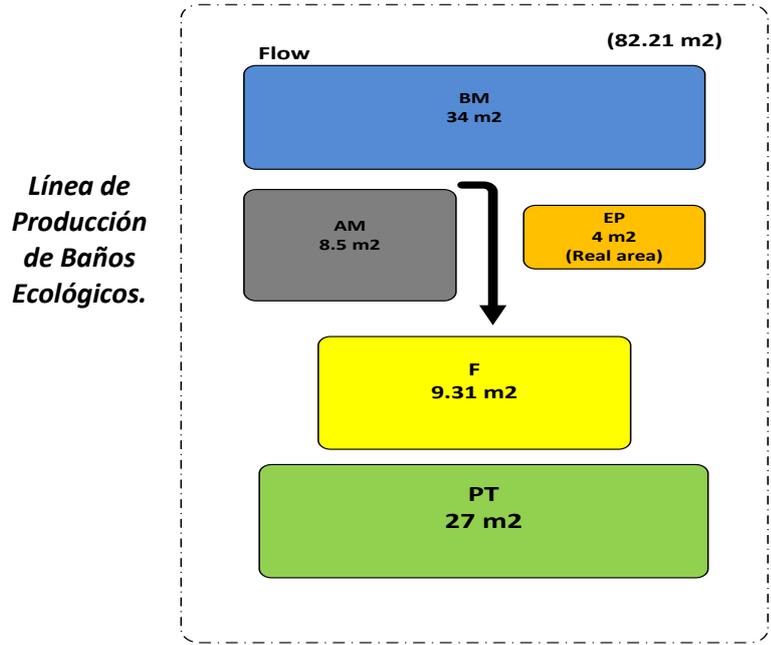


Figura 2.35: Distribución de línea de Producción de Baños Ecológicos.

De la misma forma se procede y con la información obtenida para la distribución de planta determinamos el diseño de layout actual denotando el flujo de materiales y movimientos de los operadores que realizan durante el proceso:

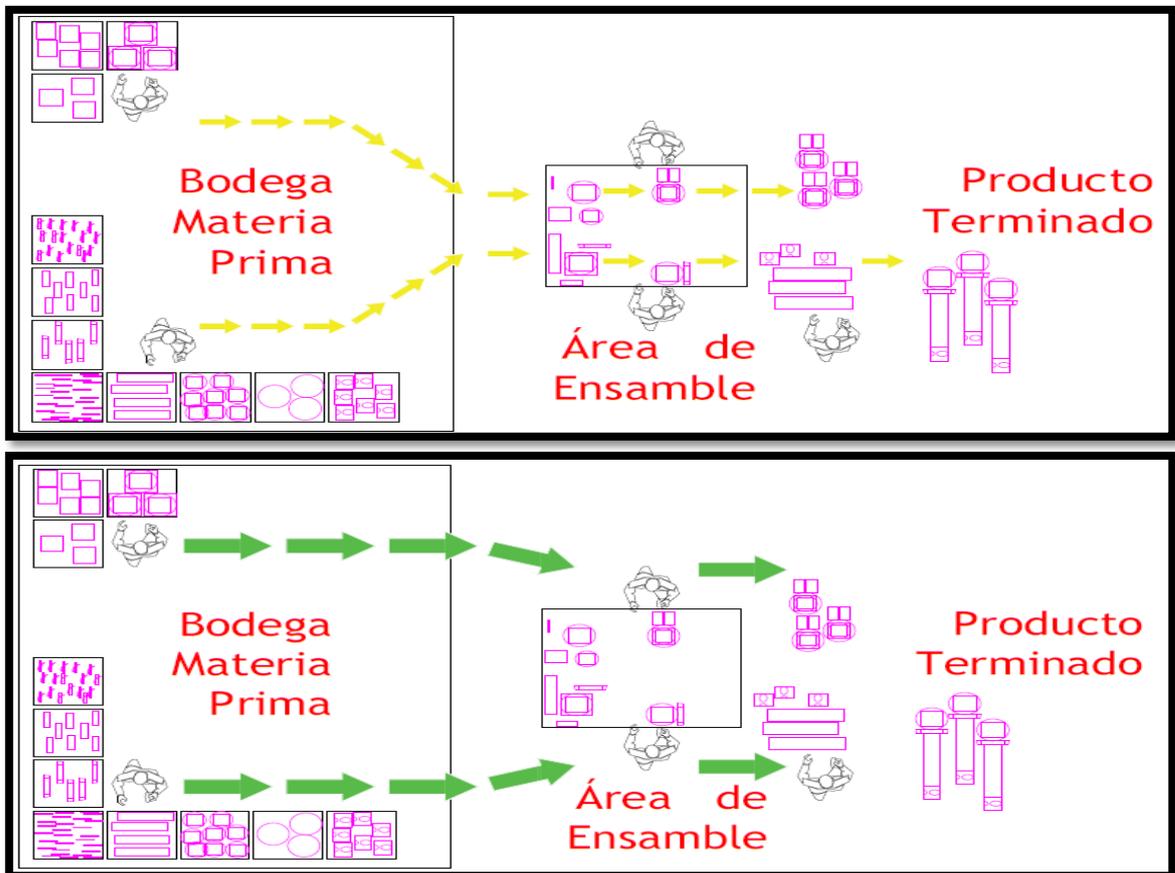


Figura 2.36: Vista superior del layout actual de la línea de producción de Baños Ecológicos.

En la figura 2.36 podemos observar el layout propuesto para la fundación promotora del proyecto, considerando sus limitaciones, donde se puede notar las diferentes áreas de trabajo con sus respectivas personas responsables.

En la figura superior se aprecia el flujo de materiales, representado por flechas de color amarillo, el cual muestra el movimiento que tendrán los componentes del inodoro y del sistema complementario, empezando desde el área de materia prima hasta el área de producto terminado.

En la figura inferior se muestra el recorrido de las personas, representado por flechas de color verde, el cual refleja el movimiento realizado por las personas dentro de la línea, necesario para poder desarrollar las diferentes actividades y realizar el movimiento de materiales dentro de las estaciones de trabajo.

2.4 Proyectos de Mejora

En esta sección se muestra el desarrollo de los proyectos de los pasantes que formaron parte de la materia integradora, en cual se incluyen las metodologías que se usaron para poder cumplir con los diferentes objetivos. Detallando cada uno de los proyectos desarrollados, con sus respectivos datos y resultados del trabajo. Obteniendo información que luego sirvió para mejorar la línea.

Estos proyectos fueron establecidos luego de haber montado la línea de producción en UGA-EDCOM, acorde a las necesidades que fueron surgiendo durante el camino, debido a que era de vital importancia que la producción empezara lo más rápido posible. Estos proyectos se desarrollaron en su mayoría sólo para la línea de Refugios de PVC, para la de baños ecológicos se tomaron los últimos, debido a que esta iba a quedar solo como diseño propuesto para los dueños del proyecto.

En un inicio la necesidad de la línea fue conocer la calidad del corte realizado en la estación de trabajo que lleva el mismo nombre, en éste se pudo observar que los tubos mantenían dimensiones variadas y que, al momento de armar las carpas, esta variabilidad de tamaños afectaría su estabilidad. Por estos motivos se desarrolló el siguiente proyecto:

2.4.1 Cartas de Control Estadístico

Debido a que el producto fue desarrollado por estudiantes, su habilidad dentro de la línea se fue puliendo durante el proyecto. Se tomó la decisión de mantener un control de calidad de los productos trabajados, los tubos que fueron cortados en la línea de refugios de PVC, debido a que la carpa requería gran precisión en sus medidas.

De esta forma se usó las siguientes bases para el desarrollo de las cartas:

Pasantes Responsables: Hilda María León Kuontay y Osmar Emilio Sandoval Chalén.

Bases para las Cartas de Control

En las cartas se encuentran dos límites de control estadístico, los cuales sus cálculos están basados en que los datos obtenidos para realizar el gráfico tienen una aproximación a una distribución normal [7].

Para poder obtener los valores de los límites de control, debemos empezar por tener una característica de calidad, la misma que puede ser α , de esta forma podemos decir que $E(\alpha)$, representa la media o el valor esperado de calidad, y $\sigma(\alpha)$ es la desviación de esta característica. Con ello podemos calcular los límites de la siguiente manera, como veremos en las ecuaciones (2.1), (2.2) y (2.3):

$$LC = E(\alpha) \quad (2.1)$$

$$LCS = E(\alpha) + k \sigma(\alpha) \quad (2.2)$$

$$LCI = E(\alpha) - k \sigma(\alpha) \quad (2.3)$$

Donde el valor k representa el número de desviaciones estándar de la muestra que el límite de control se encuentra del límite central. Éste depende mucho del modelo de carta que se vaya a utilizar y el tipo de muestra a manejar [7].

En general existen dos tipos de cartas de control que se pueden utilizar, aquellas que son para variables y otras para atributos [7]. Y debido al tipo de proyecto a desarrollar se centró en las cartas para variables, debido a que tiene las siguientes características:

- ✚ Variables: en este grupo existen cartas para la media y rango; media y desviación estándar o media y rangos móviles. Todas se concentran en una característica de calidad que se pueda medir en una escala numérica. Diferenciando entre media y rango, media y desviación cuyo propósito es conocer la tendencia central y tener control sobre la desviación [7].

Consideraciones para la realización de cartas de control:

- A. Conocer el proceso.
- B. Determinar la característica de calidad a analizar:

Se debe de escoger la más importante para la industria, tales como satisfacción del cliente, costos, entre otras. Haciendo uso de herramientas como VOC o diagrama de Pareto.
- C. Selección racional de subgrupos:
 - La variación dentro del subgrupo o muestra debe de ser minimizada, para no poseer variación en el análisis que afecte el entendimiento.
 - La variación fuera del subgrupo o muestra debe ser maximizada.
 - Los lotes desde los que se seleccionan los grupos deben de ser homogéneos.
 - Basado a criterio de las necesidades de la operación.
- D. Tamaño del subgrupo:
 - Por lo general su tamaño está entre 4 y 10 unidades.
 - A mayor tamaño del subgrupo, mayor es la oportunidad de poder detectar cambios pequeños.
 - Considerando costos de inspección y falla interna y externa.
- E. Frecuencia de selección de subgrupos:

- Comparando el costo de obtener la información con el costo de dejar de detectar el ítem no conforme.
- A medida que se realiza el proceso de control estadístico la frecuencia del muestreo puede llegar a disminuir.

F. Tipos de instrumentos de medición.

Debido a su influencia, por su precisión y calibración. El equipo debe de ir acorde a la característica de calidad a ser estudiada y controlada.

G. Diseño de formularios para la recolección de información.

Dado esto, se decidió utilizar las cartas de control para la media y rango, debido a que la única característica importante a medir de calidad era la longitud del tubo, y por la poca disponibilidad de los datos debido a la cantidad de material disponible en la línea. Las fórmulas usadas en las cartas fueron (2.4), (2.5), (2.6), (2.7), (2.8), (2.9), (2.10), (2.11), (2.12), (2.13), (2.14) y (2.15) que se pueden observar a continuación:

Media

$$(UCL_{\bar{X}}, LCL_{\bar{X}}) = \bar{\bar{X}} \pm \frac{3\hat{\sigma}}{\sqrt{n}} \quad (2.4)$$

$$(UCL_{\bar{X}}, LCL_{\bar{X}}) = \bar{\bar{X}} \pm \frac{3\bar{R}}{\sqrt{nd_2}} \quad (2.5)$$

$$(UCL_{\bar{X}}, LCL_{\bar{X}}) = \bar{\bar{X}} \pm A_2\bar{R} \quad (2.6)$$

Rangos Móviles

$$(UCL_R, LCL_R) = \bar{R} \pm 3\sigma_R \quad (2.7)$$

$$UCL_R = \bar{R} + 3d_3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right) = D_4\bar{R} \quad (2.8)$$

$$LCL_R = \bar{R} - 3d_3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right) = D_3\bar{R} \quad (2.9)$$

Rangos Móviles

$$\sigma = \frac{\bar{MR}}{d_2} \rightarrow UCL_x = \bar{x} + 3\sigma = \bar{x} + \frac{3\bar{MR}}{d_2} \quad (2.10)$$

$$CL_x = \bar{x} \quad (2.11)$$

$$\sigma = \frac{\bar{MR}}{d_2} \rightarrow LCL_x = \bar{x} - 3\sigma = \bar{x} - \frac{3\bar{MR}}{d_2} \quad (2.12)$$

$$UCL_{MR} = D_4\bar{MR} \quad (2.13)$$

$$CL_{MR} = \overline{MR} \quad (2.14)$$

$$LCL_{MR} = D_3\overline{MR} \quad (2.15)$$

Con esta información pudimos observar el comportamiento en la calidad de los tubos cortados, en el cual se notó también el desarrollo de las habilidades de los estudiantes, los cuales al pasar el tiempo lograban conseguir mejores resultados. Y se llegaron a tomar medidas correctivas para eliminar las causas de variación de las dimensiones de tubos.

Se procedió a tomar las medidas de longitud de cada uno de los tubos que eran elaborados en la línea de producción, debido a que estos iban a ser contados, alrededor de 20 kits se formaron, se decidió que los datos sean del producto entero y no muestras, para así asegurar la veracidad de los datos. Estas dimensiones fueron tomadas por los pasantes y se creó una base de datos en Excel. Los resultados se pueden observar en el Apéndice 7.

Una vez controlada la dimensión de los tubos, se procedió a diseñar el modelo de la línea para que ésta pueda ser reproducida en el futuro, en cuanto a su forma y el flujo que esta mantiene. Por estos motivos se desarrolló el siguiente proyecto:

2.4.2 Diseño de Planos

Para poder tener una mejor representación visual de la línea, se decidió modelarla haciendo uso un programa de computadora. En ésta se detalla la forma de la línea que se llegó a diseñar y establecer en la facultad de EDCOM en el club UGA.

De esta forma se comenzó en el análisis de las instalaciones:

Pasante Responsable: Johnny Daniel Rodríguez Gallegoz

El estudiante tomó las medidas de todos los componentes que forman parte de la línea, para representarlos en el orden y espacio exacto. De éste se obtuvo un plano del lugar en vista superior, y uno en 3D para una mejor apreciación de la línea de producción, haciendo uso del programa SolidWorks. Estos pueden ser observados en el Apéndice 8. Con la línea establecida, las operaciones se comenzaron a desarrollar de la mejor forma que se creía posible, al ser estas nuevas para los estudiantes, ya que eran actividades de taller que debían desarrollar como si fuesen expertos debido al objetivo del producto, se mantuvo un tiempo de práctica para que todos los estudiantes pudiesen desarrollar las habilidades necesarias para llevar cabo las operaciones.

Una vez esperado un tiempo prudente para que los estudiantes puedan realizar las actividades de forma correcta, se decidió calcular la capacidad real de la línea para estimar la producción que se podía alcanzar. Por este motivo se desarrolló el siguiente proyecto:

2.4.3 Estudio de Tiempos y Movimientos

Una vez que arrancó la línea fue necesario conocer su capacidad, para ello fue necesario medir el tiempo en que esta podía desarrollar sus actividades. Debido a que éstas eran desarrolladas por estudiantes, y las actividades necesitaron de entrenamiento hasta poder realizarse de la forma correcta. Por estos motivos uno de los principales proyectos, fue el estudio de tiempos. El cual siguió la siguiente metodología:

Pasantes Responsables: Luis Eduardo Espinoza Pastuizaca, Miguel Ángel Guerrero Mendoza, Ángel Roberto Guevara Orozco y Emilio José Illesca Rodríguez.

Método de Estudio

El estudio de tiempos es una técnica para minimizar la cantidad de trabajo, eliminar los movimientos innecesarios y substituir métodos. El estudio de tiempos sirve a su vez para investigar, minimizar, establecer tiempos estándares de ejecución y eliminar el tiempo no productivo, es decir, el tiempo durante el cual no se genera valor agregado.

El proyecto se desarrolló de la siguiente manera:

- ❖ Selección del operario: aunque éste paso se pudo obviar debido a que la persona encargada de cada estación de trabajo era única y siempre iba a ser el mismo para todo el proyecto.
- ❖ Analizar el trabajo y sus elementos: identificar y desglosar las actividades que realizaban los estudiantes para así facilitar la toma de tiempos. El cual fue registrado en el formato mostrado en el Anexo 7.
- ❖ Registrar valores elementales de tiempos transcurridos e información significativa, verificando siempre que los tiempos fueron tomados en condiciones iguales.
- ❖ Calificar el desempeño del operario.
- ❖ Asignar elementos u holguras. Mostrados en la figura 2.37:

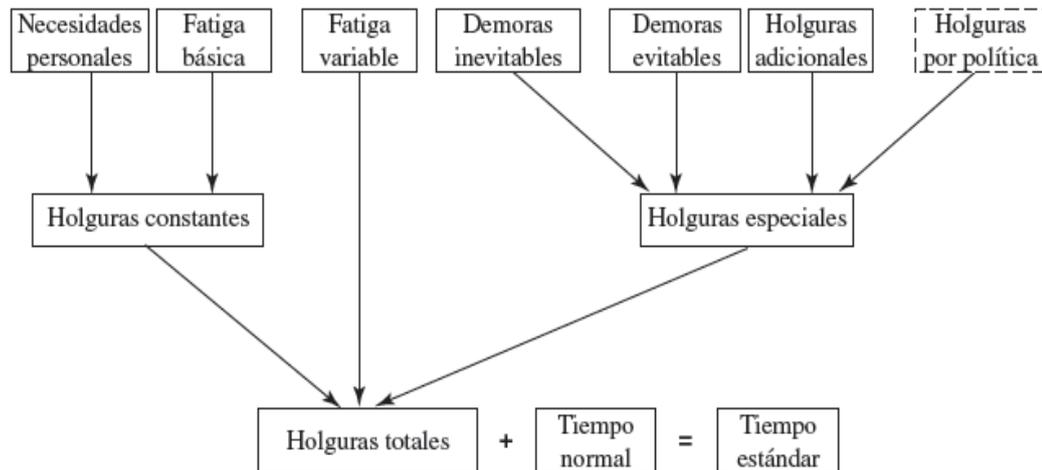


Figura 2.37: Tipos de Holguras.

Fuente: Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo de Niebel 12va Edición.

- ❖ Llevar a cabo el estudio de tiempos:
 - Realizar varias tomas de tiempos para obtener diferentes muestras.
 - Estandarización de los tiempos.
 - Identificar las actividades que no son necesarias dentro del proceso, los cuellos de botella, actividades que no agreguen valor, etc.

Para la toma de tiempos se utilizó el método de regreso a cero. Como los tiempos obtenidos de cada elemento son leídos directamente, no se tienen que efectuar las restas sucesivas para obtener el tiempo de cada elemento. Se utilizó los formatos observados en el Apéndice 9 y 10.

Los elementos ejecutados fuera de orden por el operario pueden registrarse fácilmente, sin recurrir a anotaciones especiales. Éste fue aplicado a las diferentes estaciones de trabajo. Resaltando que en la última no se pudo obtener más tiempos debido a que ésta no se realizaba siempre, y que los productos finales en cantidad no cumplían con el tamaño requerido por la metodología.

Se usaron las siguientes fórmulas para desarrollar el estudio de tiempos, acorde a [4]:

Cálculo del número de ciclos que se requiere observar, usando la formula (2.4):

$$N = \left\{ \frac{s * t_{n-1,k}}{k\bar{x}} \right\}^2 \quad (2.4)$$

Donde:

- \bar{x} = media del tiempo de ciclo.
- s = desviación estándar del tiempo del ciclo.

- k = margen de error permitido.
- $t_{n-1,k}$ = valor de la distribución t-student para $n-1$ grados de libertad y probabilidad k .

Con ello podemos definir el tiempo estándar como, el tiempo que es necesario para que un operario promedio, calificado y apto, trabajando a un ritmo normal, pueda cumplir con sus tareas asignadas. Se lo puede calcular según las formulas (2.5) y (2.6):

$$\text{Tiempo Estándar} = (\text{Tiempo Oberservado}) \times (1 + \% \text{Holgura}) \quad (2.5)$$

$$\text{Tiempo Estandar} = (\text{Tiempo Oberservado}) \times (\text{Fáctor de Nivelación}) \times (1 + \% \text{Holgura}) \quad (2.6)$$

Donde el *Tiempo Oberservado*, es él promedio de todos los tiempos que fueron tomados, acorde a la cantidad de ciclos calculados anteriormente [4].

Con el estudio se pudo determinar el tiempo estándar en que se desarrollaban las actividades dentro de las estaciones de trabajo. Luego con esta información se calculó el tiempo total que requiere la línea para poder fabricar una carpa y un baño ecológico.

Los resultados obtenidos de este proyecto se pueden observar en las tablas del Apéndice 11, siendo la primera la muestra de los tiempos usados en la prueba piloto, para luego tomar la cantidad adecuada acorde al “n” y poder establecer el tiempo estándar.

El tipo de distribución fue usado en el programa Minitab. En el cual se utilizó un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, $\alpha = 0,05$. Los resultados obtenidos fueron valores $p > 0,05$, por ello concluimos que tenemos suficiente evidencia estadística para afirmar que el comportamiento de los datos sigue una distribución normal. Esto lo podemos observar en la figura 2.38:

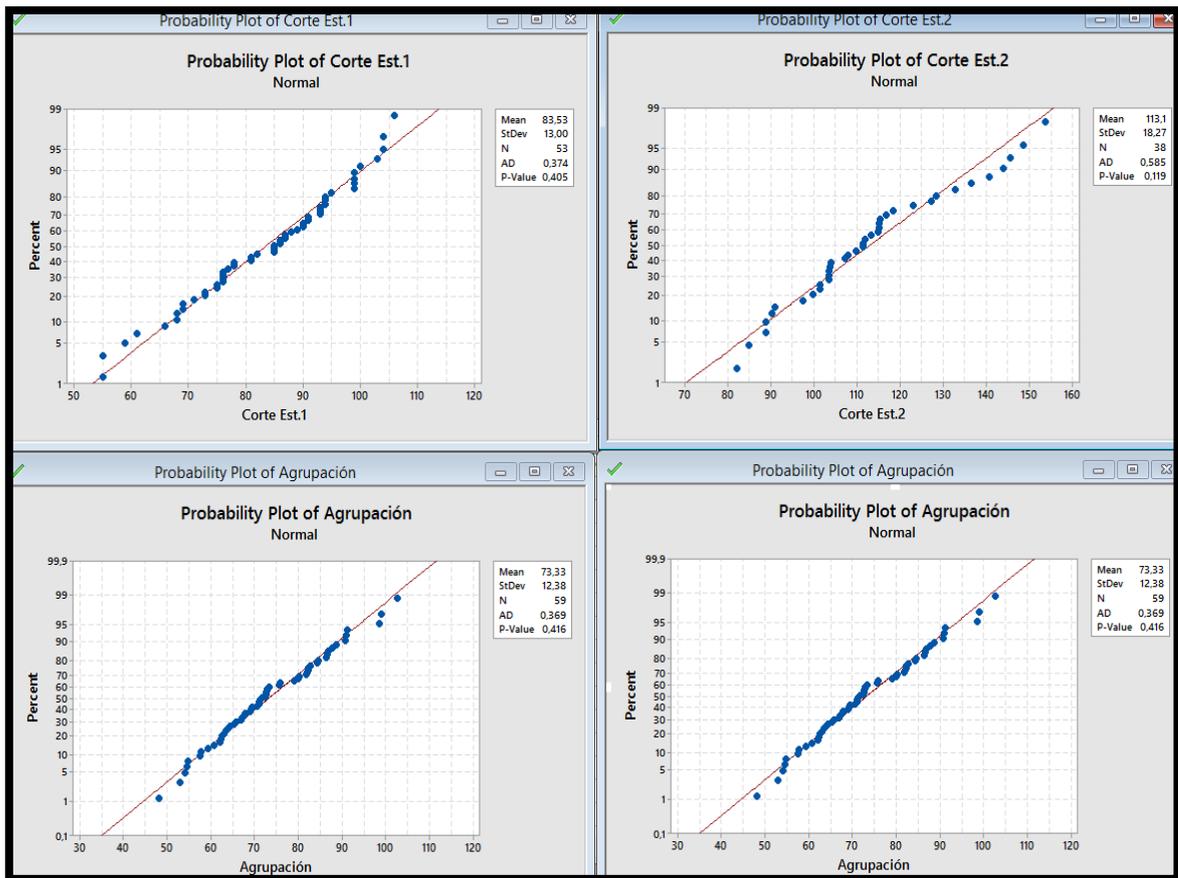


Figura 2.38: Tipo de distribución tiempos de refugios de PVC.

En el transcurso del desarrollo de proyecto y elaboración de productos en la línea de PVC, se buscó mejorar la línea para que los estudiantes se sientan a gusto en sus puestos de trabajo y poder cuidar de su seguridad durante el desarrollo de sus actividades.

2.4.4 Análisis Ergonómico

Planteamiento del problema

Pasante Responsable: Olga Mariam Paredes Parrales.

Actualmente el código del trabajo y el decreto ejecutivo 2393 dictan que se debe contar con un área de trabajo segura, las herramientas y equipos adecuados para prevenir posibles lesiones y enfermedades musculoesqueléticas en el mediano y largo plazo, para lo cual se realizan evaluaciones ergonómicas anualmente, identificando así los posibles riesgos asociados al trabajo, donde se usarán las metodologías adecuadas como lo son el método OWAS y REBA.

Objetivo

Realizar evaluaciones ergonómicas en los diferentes puestos de trabajo con el fin de determinar los riesgos asociados al trabajo para proponer medidas correctivas relacionadas a los mismos.

Marco Legal

REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO, DECRETO EJECUTIVO 2393.

Art. 11.- OBLIGACIONES DE LOS EMPLEADORES. - Son obligaciones generales de los personeros de las entidades y empresas públicas y privadas, las siguientes:

2. Adoptar las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y al bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad.

Art. 15.- DE LA UNIDAD DE SEGURIDAD E HIGIENE DEL TRABAJO. (Reformado por el Art. 9 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88)

2. (Reformado por el Art. 11 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Son funciones de la Unidad de Seguridad e Higiene, entre otras las siguientes:

a) Reconocimiento y evaluación de riesgos.

b) Control de Riesgos profesionales.

Por lo cual se realizaron las evaluaciones ergonómicas en los diferentes puestos de trabajo con el fin de determinar los riesgos asociados al trabajo para proponer medidas correctivas relacionadas a los mismos, mediante la aplicación del método REBA.

Método REBA

El método REBA evalúa posturas individuales y no conjuntos o secuencias de posturas, por ello, es necesario seleccionar aquellas posturas que serán evaluadas de entre las que adopta el trabajador en el puesto. Se seleccionarán aquellas que, a priori, supongan una mayor carga postural bien por su duración, bien por su frecuencia o porque presentan mayor desviación respecto a la posición neutra.

Desarrollo REBA

El procedimiento para aplicar el método REBA puede resumirse en los siguientes pasos:

1. Determinar los ciclos de trabajo y observar al trabajador durante varios de estos ciclos, si el ciclo es muy largo o no existen ciclos, se pueden realizar evaluaciones a intervalos regulares.
2. Seleccionar las posturas que se evaluarán, se seleccionarán aquellas que, a priori, supongan una mayor carga postural bien por su duración, bien por su frecuencia o porque presentan mayor desviación respecto a la posición neutra.
3. Determinar si se evaluará el lado izquierdo del cuerpo o el derecho, en caso de duda se analizarán los dos lados.
4. Tomar los datos angulares requeridos, pueden tomarse fotografías desde los puntos de vista adecuados para realizar las mediciones.
5. Determinar las puntuaciones para cada parte del cuerpo, empleando la tabla correspondiente a cada miembro.
6. Obtener las puntuaciones parciales y finales del método para determinar la existencia de riesgos y establecer el Nivel de Actuación.
7. Si se requieren, determinar qué tipo de medidas deben adoptarse, revisar las puntuaciones de las diferentes partes del cuerpo para determinar dónde es necesario aplicar correcciones.
8. Rediseñar el puesto o introducir cambios para mejorar la postura si es necesario.
9. En caso de haber introducido cambios, evaluar de nuevo la postura con el método REBA para comprobar la efectividad de la mejora.

Aplicación del método REBA

Agrupar el cuerpo en segmentos para ser codificados individualmente, y evaluar tanto las extremidades superiores, como el tronco, el cuello y las extremidades inferiores, es decir, divide el cuerpo en dos grupos:

- Grupo A para las piernas, tronco y cuello.
- Grupo B para brazos, antebrazos y muñecas.

Analiza la repercusión sobre la carga postural del manejo de cargas realizado con las manos o con otras partes del cuerpo, considerando relevante el tipo de agarre de la carga manejada y destacando que éste no siempre puede realizarse mediante las manos y por tanto permite, por un lado, indicar la posibilidad de que se utilicen otras partes del cuerpo y, por otro, la valoración de la actividad muscular causada por posturas estáticas, dinámicas, o debidas a cambios bruscos o inesperados en la postura.

El grupo A tiene un total de 60 combinaciones posturales para el tronco, cuello y piernas. La puntuación obtenida de la tabla A estará comprendida entre 1 y 9; a éste valor se le debe añadir la puntuación resultante de la carga (fuerza) cuyo rango está entre 0 y 3.

El grupo B tiene un total de 36 combinaciones posturales para la parte superior del brazo, parte inferior del brazo y muñecas, la puntuación final de éste grupo, tal como se recoge en la tabla B, está entre 0 y 9; a éste resultado se le debe añadir el obtenido de la tabla de agarre, es decir, de 0 a 3 puntos.

Los resultados A y B se combinan en la Tabla C para dar un total de 144 posibles combinaciones, y finalmente se añade el resultado de la actividad para dar el resultado que indicará el nivel de riesgo y el nivel de acción. Las tablas de los grupos se las pueden observar en el Apéndice 12.

Se obtuvo una puntuación individual de cada uno de los grupos, estas puntuaciones se modifican en función de la puntuación de la carga o fuerza y del tipo de agarre de la carga respectivamente. Una vez obtenida la puntuación final, se obtiene una nueva puntuación; ésta a su vez se modifica según el tipo de actividad muscular desarrollada: movimientos repetitivos, posturas estáticas o cambios de postura importantes.

El resultado determina el nivel de riesgo de padecer lesiones estableciendo el nivel de acción requerido y la urgencia de la intervención.

La puntuación final se obtiene; tal como se ha comentado anteriormente, de las 144 combinaciones posturales finales a las que hay que sumarle las puntuaciones correspondientes al concepto de puntuaciones de carga, al acoplamiento y a las actividades; ello nos dará la puntuación final REBA que estará comprendida en un rango de 1-15, lo que indicará el riesgo que supone desarrollar el tipo de tarea analizado e indicará los niveles de acción necesarios en cada caso. Los resultados fueron obtenidos de las tablas de niveles de riesgos Apéndice 12.

Resultados obtenidos:

Estos resultados son presentados en las tablas en el Apéndice 12, en la Tabla de evaluación ergonómica.

Operador de cortado

Actividades del puesto de trabajo (Corte y Clasificación de los tubos):

1. Recolectar y posicionar el tubo, mediante el uso de una agarradera.
2. Realizar cortes según guías, según la tabla de corte de tubos y mediante la ayuda de una cinta o marcas referenciales.
3. Verificar longitud de cortes en los tubos recibidos.
4. Realizar las numeraciones para identificación del tubo cortado.
5. Trasladar tubos al área de agrupación por medias.

Con los resultados de la evaluación ergonómica, se pudo evidenciar que en las actividades del cortador se mantenía un nivel de riesgo medio, esto indica que es necesario tomar acciones.

Operador de armado

Actividades del puesto de trabajo (Agrupación por medidas)

1. Observar las medidas y formar los grupos acorde a lo planificado.
2. Embalar los grupos de tubos.
3. Colocar grupos en el espacio respectivo.

Con los resultados de la evaluación ergonómica, se pudo evidenciar que en las actividades del operador de embalado se mantenía un nivel de riesgo bajo, pero al ser una actividad donde los estudiantes trabajaban por cortos intervalos de tiempo, no se encontró necesario tomar correctivas para esta estación de trabajo.

Operador de embalado**Actividades del puesto de trabajo (Pre-Embalaje de Kit final)**

1. Formar base, acorde a la agrupación de números dada en la planificación.
2. Formar media, acorde a la agrupación de números dada en la planificación.
3. Formar cubierta, acorde a la agrupación de números dada en la planificación.
4. Embalar los grupos.
5. Verificar componentes del kit final de acuerdo a los requerimientos.

Con los resultados de la evaluación ergonómica, se pudo evidenciar que en las actividades del operador de embalado se mantenía un nivel de riesgo bajo, y considerando que es una actividad poco frecuente en la línea, no se consideró necesario tomar acciones prioritarias dentro de las actividades del taller.

2.4.5 Análisis de Seguridad Industrial

Matriz de Legislación en Seguridad y Salud en el Trabajo

Pasantes Responsables: Olga Mariam Paredes Parrales y Henry David Flores Muñiz.

Con el objetivo de cumplir con las normas legales en riesgos laborales para el funcionamiento de la línea, se llevó a cabo la revisión de los requisitos técnicos legales en materia de Seguridad y Salud Ocupacional con su base en el Decreto 2393 - Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente del Trabajo.

Por ello se realizó la Matriz de Legislación en Seguridad y Salud en el Trabajo, en donde se hizo una comparación de los requisitos legales que debe de cumplir la línea, y las acciones a hacer para poder cumplir. La matriz puede observarse en el Apéndice 13.

A partir de la matriz de requisitos legales se pueden reflejar beneficios como son el mejorar la calidad del proceso en el desarrollo de las actividades y contribuir al mejoramiento del desempeño laboral y de la productividad, esto con la estandarización de las operaciones al levantar el procedimiento según las directrices para la documentación de los Sistemas de Gestión de la Calidad Norma ISO 10013.

Procedimiento para la producción de los refugios

Objetivo

Elaborar refugios con tubos PVC, mediante el corte y clasificación de los mismos, en Kits de fácil uso para los usuarios finales. Mediante la participación de estudiantes de la Escuela Superior Politécnica del Litoral en las diferentes actividades de producción, mejora y supervisión de los procesos ejecutados.

Alcance

Se aplica al proceso de corte de tubos PVC y armado del Kit final, con los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial en las instalaciones del Club de Diseño y Publicidad UGA de la Escuela de Diseño y Comunicación (EDCOM).

Referencias

Reglamento de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente del Trabajo, dictado mediante Decreto No. 2393.

Políticas

- Todo participante en el área se compromete a acatar y respetar las normas de trabajo y la institución.
- Todo participante se compromete a cumplir su asignación de horario, ante previa planificación de las partes interesadas (pasante y directores de proyecto de materia integradora).
- Es responsabilidad de cada participante cumplir con el correcto uso y cuidado de los equipos y herramientas correspondiente para la tarea a realizar, además de mantener el orden y aseo en el área de trabajo.
- Correcta manipulación de los materiales utilizados durante el proceso de corte.
- Mantener los índices de producción y rendimiento que permita ayudar a un mayor número de damnificados.
- Los materiales y equipos necesarios para la operación son:
 - Tubo PVC de 2 pulgadas.
 - Codos PVC de 45° y 90°.
 - T, Y cruz en PVC de 2”.

Descripción Del Procedimiento

Estación de Trabajo 1: Corte y Clasificación de los tubos

1. Recolectar y posicionar el tubo, mediante el uso de una agarradera (operador de ajuste y corte 1).
2. Realizar cortes según guías (operador de ajuste y corte 2), según la tabla de corte de tubos mostrado en anexos, mediante la ayuda de una cinta o marcas referenciales.
3. Verificar longitud de cortes en los tubos recibidos (operador de embalaje 1).
4. Realizar las numeraciones para identificación del tubo cortado (operador de embalaje 1).
5. Trasladar tubos al área de agrupación por medidas (operador de embalaje 1).

Estación de Trabajo 2: Agrupación por medidas

1. Observar las medidas y formar los grupos acorde a lo planificado (operador de armado 1).
2. Embalar los grupos de tubos (operador de armado 1).
3. Colocar grupos en el espacio respectivo (operador de armado 1).

Estación de Trabajo 3: Pre-Embalaje de Kit final

1. Formar base del Kit final, acorde a la agrupación de números dada en la planificación (operador de armado 2).

2. Formar cuerpo medio del Kit final, acorde a la agrupación de números dada en la planificación (operador de amado 2).
3. Formar cubierta del Kit final, acorde a la agrupación de números dada en la planificación (operador de amado 2).
4. Embalar los grupos (operador de embalaje 2)
5. Verificar componentes del kit final de acuerdo a los requerimientos, sin contar tubos de 3 metros y codos (operador de embalaje 2).

Registros

Registro 1. Planificación de horarios.

Registro 2. Lista de Asistencia.

Registro 3. Control diario de asistencia.

Registro 4. Resumen de horas planificadas.

Glosario

Proceso: conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

Procedimiento

Documento con la descripción de la forma de operar un proceso de la empresa, incluye toda la información relevante para su correcto desempeño.

Registro:

Documento que captura información como evidencia objetiva del cumplimiento de operación de procedimientos.

Debido a las limitaciones de tiempo que posee el proyecto, no se llegó a establecer completamente ciertos aspectos en la línea de producción, por estos motivos se buscó que se pueda simular el comportamiento esperado de la línea cuando esté en funcionamiento y aplicar las respectivas mejoras que se encontraron a lo largo del desarrollo del proyecto. También aplicándolas a la línea de Baños Ecológicos por pedido de los dueños del proyecto. Por estos motivos se desarrollaron los siguientes proyectos:

2.4.6 Balanceo de línea

En este punto las estaciones de trabajo ya estaban trabajando, y se estableció su orden acorde a las metodologías detalladas anteriormente, pero se consideró necesario poder balancear la línea para verificar esto y realizar una mejora a la línea durante su desarrollo de actividades. Para lo cual se utilizó un formato para poder realizar el balanceo, en el cual los criterios que se usaron fueron el tiempo que requiere realizar una operación dentro de las estaciones de trabajo y la cantidad de operarios inicial. Este formato se puede observar en el Apéndice 14.

En éste podemos apreciar que la iteración con mayor porcentaje de balance es la 12, en la cual el número de operarios ahora es de 17, aumentando en total una cantidad de 11 operarios más y con ello obtener un 97,96% de balance en la línea de refugios de PVC. Se introdujo esta información en el modelo de simulación, mostrada en la figura 2.39:

Icon	Name	Cap.
	E._Corte_1	1
	E._Corte_2	1
	Agrupación_de_PVC	36
	Agrupación_KIT	12

Icon	Name	Cap.
	E._Corte_1	2
	E._Corte_2	3
	Agrupación_de_PVC	72
	Agrupación_KIT	120

Figura 2.39: Comparación de Capacidades Línea sin Balancear vs Línea Balanceada.

En cuanto a la línea de producción de los baños ecológicos “Taladro de la Tierra” mostramos el balance asignado, al igual que la línea de Refugios de PVC, en el Apéndice 14.

En éste podemos observar que la iteración con mayor porcentaje de balance es la 10, en la cual el número de operarios ahora es de 15 aumentando en total una cantidad de 9 operarios más y con ello obteniendo un 92,01% de balance en la línea de baños ecológicos. Se

introdujo esta información en el modelo de simulación, mostrada en la figura 2.40:

Icon	Name	Cap	Icon	Name	Cap
	Almacenamiento_Tubos_Espiral_y_Sistcc inf			Almacenamiento_Tubos_Espiral_y_Sistcc inf	
	Elabración huecos	1		Elabración huecos	3
	Adaptacion_y_ajuste_de_cuboides	1		Adaptacion_y_ajuste_de_cuboides	1
	Colocación_tubos_que_envuelven_cuboid	1		Colocación tubos que envuelven cuboides	1
	Adaptacion_espiral	1		Adaptacion_espiral	2
	Ensamble_1	1		Ensamble_1	6
	Ensamble_final	1		Ensamble_final	2

Figura 2.40: Comparación de Capacidades Líneas Baños sin Balancear vs Línea Balanceada.

Más adelante, se justificará el beneficio que puede traer a la entidad el manejo de una línea balanceada basado en el aumento de la tasa de salidas de productos terminados por día.

2.4.7 Simulación

Se realizó mediante el uso del programa Promodel, en el cual se estableció las dos líneas mediante las entidades y locaciones que forman parte del programa. En ésta se consideró la forma de la línea y se trató de reflejar lo más cercano posible a la realidad de la línea de producción.

Pasante de Apoyo: Hilda María León Kuontay.

Etapas de la Simulación, basados en [7]:

- ❖ Formulación del problema: se establece el objetivo de la simulación. El cliente y el desarrollador deben acordar lo más detalladamente posible lo siguiente: los resultados que se esperan, el plan de experimentación, el tiempo disponible, las variables de interés, etc. Estableciendo si el usuario solicita un trabajo de simulación o un trabajo de optimización.
- ❖ Definición del sistema: el sistema a simular debe estar perfectamente definido. El cliente y el desarrollador deben acordar dónde estará la frontera del sistema a estudiar y las interacciones con el medioambiente que serán consideradas.
- ❖ Formulación del modelo: comienza con el desarrollo de un modelo simple que captura los aspectos relevantes del sistema real. Éstos dependen de la formulación del problema; para un ingeniero de seguridad los aspectos relevantes de un automóvil son diferentes de los aspectos considerados por un ingeniero mecánico para el mismo sistema.

- ❖ Colección de datos: determinado por la formulación del problema y del modelo. Pueden ser provistos por registros históricos, experimentos de laboratorios o mediciones realizadas en el sistema real. Los mismos deberán ser procesados adecuadamente para darles el formato exigido por el modelo.
- ❖ Verificación: comprueba que no se hayan cometido errores durante la implementación del modelo. Para ello, se utilizan las herramientas de depuración.
- ❖ Validación: comprueba la exactitud del modelo desarrollado. Esto se lleva a cabo comparando las predicciones del modelo mediante mediciones realizadas en el sistema real, datos históricos o de sistemas similares. Como resultado puede surgir la necesidad de modificar el modelo o recolectar datos adicionales.
- ❖ Diseño de experimentos: se decide las características de los experimentos a realizar: el tiempo de arranque, el tiempo de simulación y el número de simulaciones. Basado en la formulación del problema.
- ❖ Experimentación: se realizan las simulaciones de acuerdo el diseño previo. Los resultados obtenidos son recolectados y procesados.
- ❖ Interpretación: se analiza la sensibilidad del modelo con respecto a los parámetros que tienen asociados la mayor incertidumbre. De ser necesario, se recolectarán datos adicionales para refinar la estimación de los parámetros críticos.
- ❖ Documentación: elaboración de la documentación técnica y manuales de uso. La documentación técnica debe contar con la descripción detallada del modelo y de los datos; incluyendo la evolución histórica de las distintas etapas del desarrollo. Esta información será útil para la posterior mejora del simulador.
- ❖ Implementación: es recomendable estar presente junto al cliente en la etapa de implementación para evitar el mal manejo del simulador o el mal empleo de los resultados del mismo.

Simulación de Línea de Refugios de PVC

En muchos casos se asume que el movimiento de material entre las estaciones es instantáneo, debido a que es realizado por operarios los cuales están unos muy cercanos a otros. Además, se asume que éste tuvo una influencia mínima en el tiempo de elaboración

de los productos. Los modelos se simularon en una jornada de 8 horas, ya que por la disponibilidad de los estudiantes nunca se pudo tener la línea funcionando de esta manera. Para la llegada del material se decidió colocar una frecuencia de 10 tubos por segundo, debido a la expresión $U = r_a/r_e$, donde el r_a representa la tasa de arribos a la línea de producción y r_e la tasa de producción de una estación, con ello se buscó que ésta siempre esté ocupada, debido a que esta tasa de arribos era mucho mayor a la de producción, lo cual provocó que la utilización de las estaciones esté cerca del 100%.

Con ello se desarrolló el modelo para la línea de producción de refugios de PVC, mostrado en las figuras 2.41, 2.42 y 2.43:

Entities				
Icon	Name	Speed (fpm)	Stats	
	Barra_de_PVC	150	Time Series	
	Grupo_de_PVC	150	Time Series	
	Kit_de_PVC	150	Time Series	

Figura 2.41: Entidades del Modelo de Simulación Refugios de PVC.

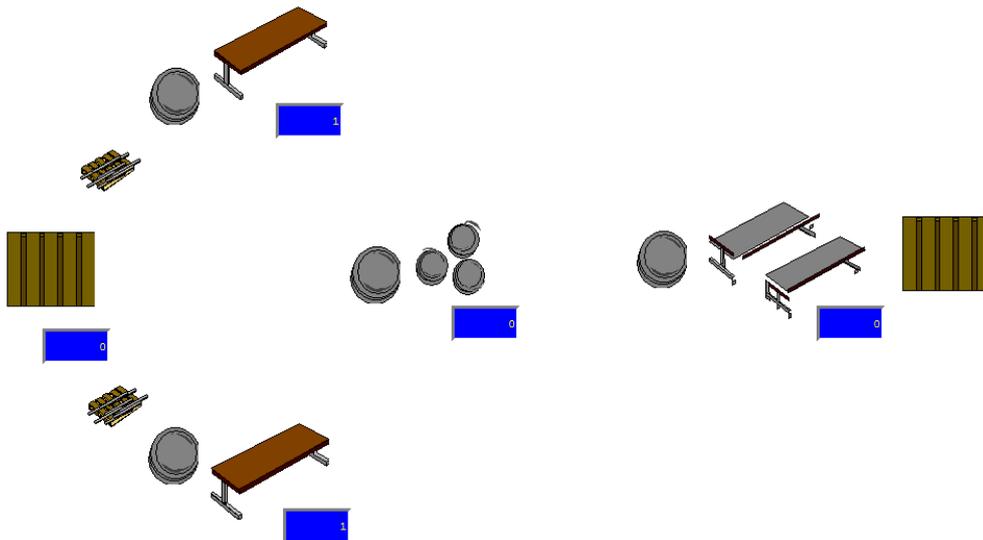


Figura 2.42: Modelo de Simulación Refugios de PVC.

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
E. Corte 1	8,00	1,00	345,00	1,39	1,00	1,00	1,00	99,97
E. Corte 2	8,00	1,00	256,00	1,87	1,00	1,00	1,00	99,97
Agrupación de PVC	8,00	36,00	599,00	2,00	2,50	6,00	2,00	6,94
Agrupación KIT	8,00	12,00	199,00	19,55	8,11	12,00	7,00	67,54

Figura 2.43: Reporte General Línea de PVC sin CONWIP Utilización de estaciones.

En el primer modelo creado no se balanceó la línea, ni se estableció el sistema de producción CONWIP, por estos motivos podemos observar que las utilizaciones de las estaciones de corte están cerca del 100%. Lo cual provocó que los niveles de materiales que se encuentran dentro de la línea de producción llegaran a valores de más de 1000 tubos, también conocido como WIP (Work In Process o trabajo en proceso), con ello acumulando trabajo para las estaciones y provocando un posible colapso de las mismas.

También se pudo observar los valores de TH (Throughput o tasa de salida en español) y del CT (Cicle Time o Tiempo de ciclo de la línea), los cuales fueron altos pero el precio que debía pagar la línea para lograrlo era tener mucho material dentro de la misma. Estos valores los podemos observar en las figuras 2.44 y 2.45:

Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value
mesa1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
mesa2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
kit final	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
wIP	28756,00	0,02	0,00	28164,00	28164,00	14094,63
TH (obs-based)	16,00	29,38	1,00	16,00	16,00	8,50

Figura 2.44: Reporte General Línea de PVC sin CONWIP Niveles de TH y WIP.

Modelo de Línea de PVC sin CONWIP.MOD (Normal Run - Rep. 1)					
Name	Number Observations	Minimum Value	Maximum Value	Avg Value	
Tiempo de Kit	16,00	35,83	466,44	251,13	

Figura 2.45: Reporte General Línea de PVC sin CONWIP Tiempo de Ciclo Kit.

Una vez observado el comportamiento de la línea sin aplicar el sistema de control de producción, ni balancear la misma, se pudo obtener al final la capacidad de la línea y su tiempo de ciclo para poder elaborar un kit. Esta información fue utilizada para poder conocer la eficiencia de la línea, la cual se detalló en el estudio de tiempos.

A partir de éste punto se buscó observar el comportamiento de la línea una vez implementadas las mejoras detalladas anteriormente, por lo cual se modificó la simulación, obteniendo los resultados mostrados en la siguiente figura:

Entity...	Location...	Operation...	Entity...	Location...	Operation...
Barra_de_PVC	Materia_Prima	CT=CLOCK() CTC=CLOCK()	Barra_de_PVC	Materia_Prima	CT=CLOCK()
Barra_de_PVC	Buffer_mp1		Barra_de_PVC	Buffer_mp1	WAIT UNTIL mesa1 < 19
Barra_de_PVC	Buffer_mesa_1	inc WIP,1	Barra_de_PVC	Buffer_mesa_1	inc WIP,1
Barra_de_PVC	E._Corte_1	wait n(83.53,12.99)sec	Barra_de_PVC	E._Corte_1	wait n(83.53,12.99)sec
Barra_de_PVC	Buffer_mp2		Barra_de_PVC	Buffer_mp2	WAIT UNTIL mesa2 < 17
Barra_de_PVC	Buffer_mesa_2	inc WIP,1	Barra_de_PVC	Buffer_mesa_2	inc WIP,1
Barra_de_PVC	E._Corte_2	wait n(113.1,18.27)sec	Barra_de_PVC	E._Corte_2	wait n(113.1,18.27)sec
Barra_de_PVC	Buffer_Agrupacion	Log "Tiempo de Corte",CTC	Barra_de_PVC	Buffer_Agrupacion	
Barra_de_PVC	Agrupación_de_PVC	combine 3 as Grupo_de_PVC	Barra_de_PVC	Agrupación_de_PVC	combine 3 as Grupo_de_PVC
Grupo_de_PVC	Agrupación_de_PVC		Grupo_de_PVC	Agrupación_de_PVC	
Grupo_de_PVC	Agrupación_de_PVC	inc WIP2,1	Grupo_de_PVC	Agrupación_de_PVC	inc WIP2,1
Grupo_de_PVC	Buffer_Agrupacion_KIT		Grupo_de_PVC	Buffer_Agrupacion_KIT	
Grupo_de_PVC	Agrupación_KIT	COMBINE 12 AS Kit_de_PVC	Grupo_de_PVC	Agrupación_KIT	combine 12 as Kit_de_PVC
Kit_de_PVC	Agrupación_KIT		Kit_de_PVC	Agrupación_KIT	
Kit_de_PVC	Agrupación_KIT	wait n(440.4,54.85)sec	Kit_de_PVC	Agrupación_KIT	wait n(440.4,54.85)sec
Kit_de_PVC	Producto_Terminado	dec WIP,36	Kit_de_PVC	Producto_Terminado	dec WIP2,12

Figura 2.46: Comparación de Proceso Línea sin CONWIP vs Línea con CONWIP.

En la figura 2.46 podemos observar el cuadro de proceso del programa Promodel en donde se realizó el cambio, para que el sistema pueda llegar a ser un Sistema CONWIP, donde se busca que la línea siempre mantenga el mismo nivel de producto en proceso, con ello influyendo en el control de éste valor y en la tasa de salida y tiempo de ciclo del kit de tubos de PVC. Estableciendo este ejemplo de modelo elaborando un solo kit de tubos, para poder observar el comportamiento de la línea y luego ir variando el WIP.

A continuación, se puede observar en las siguientes figuras los resultados obtenidos aplicando el sistema de producción en la línea, es decir correr el modelo:

En la figura 2.47 podemos observar que la utilización de todas las estaciones de trabajo bajó considerablemente, en especial aquellas donde se realizaba el corte de los tubos de PVC. A pesar de que la llegada de material fue establecida para que éstas siempre se encuentren ocupadas, con las mejoras aplicadas se pudo llegar a bajar este valor.

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
E. Corte 1	8,00	2,00	418,00	1,40	1,22	2,00	0,00	60,87
E. Corte 2	8,00	3,00	374,00	1,87	1,46	3,00	0,00	48,60
Agrupación de PVC	8,00	72,00	792,00	1,57	2,60	9,00	0,00	3,61
Agrupación KIT	8,00	120,00	264,00	13,42	7,38	12,00	12,00	6,15

Figura 2.47: Reporte General Línea de PVC CONWIP WIP=1 Utilización de estaciones.

Al observar los niveles de TH, en la figura 2.48, a pesar de que haya existido una disminución considerable del material dentro de la línea al elaborar un solo kit de tubos de PVC, ésta pudo aumentar, ahora elaborando en una jornada normal de trabajo alrededor de 11 kits de tubos de PVC, en comparación a la anterior se puede elaborar 2 kits más.

Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value
mesa1	439,00	1,05	0,00	19,00	19,00	19,00
mesa2	395,00	1,17	0,00	17,00	17,00	17,00
kit final	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
WIP	813,00	0,57	0,00	36,00	36,00	36,00
TH (obs-based)	21,00	21,93	1,00	21,00	21,00	11,00

Figura 2.48: Reporte General Línea de PVC CONWIP WIP=1 Niveles de TH y WIP.

Y para el final se observó en la figura 2.49, que el tiempo que necesita la línea para poder elaborar un kit logró disminuir, alrededor de 10 minutos, los cuales siguen siendo un logro debido que al final a la línea le toma menos tiempo poder elaborar el producto y pudo llegar a aumentar su tasa de producción.

General	Locations	Location States Multi	Entity Activity	Entity States	Variables	Logs
Modelo de Línea de PVC CONWIP.MOD (Normal Run - Rep. 1)						
Name	Number Observations	Minimum Value	Maximum Value	Avg Value		
Tiempo de Kit	21,00	22,34	459,22	239,43		

Figura 2.49: Reporte General Línea de PVC CONWIP WIP=1 Tiempo de Ciclo Kit.

Simulación de Línea de Producción de Baños Ecológicos

Comenzando el desarrollo de la simulación, se tiene para la línea de producción de Baños ecológicos las entidades de la línea, mostrada en las figuras 2.50 y 2.51:

Entities			
Icon	Name	Speed (mpm)	Stats
	Tubo_Espiral_	50	Time Series
	Sistema_Compententario_	50	Time Series
	Ensamble_1_producto	50	Time Series
	Ensamble_final_producto_terminado_embalado	50	Time Series
	Asiento_	50	Time Series

Figura 2.50: Entidades del Modelo de Simulación de Baños Ecológicos.

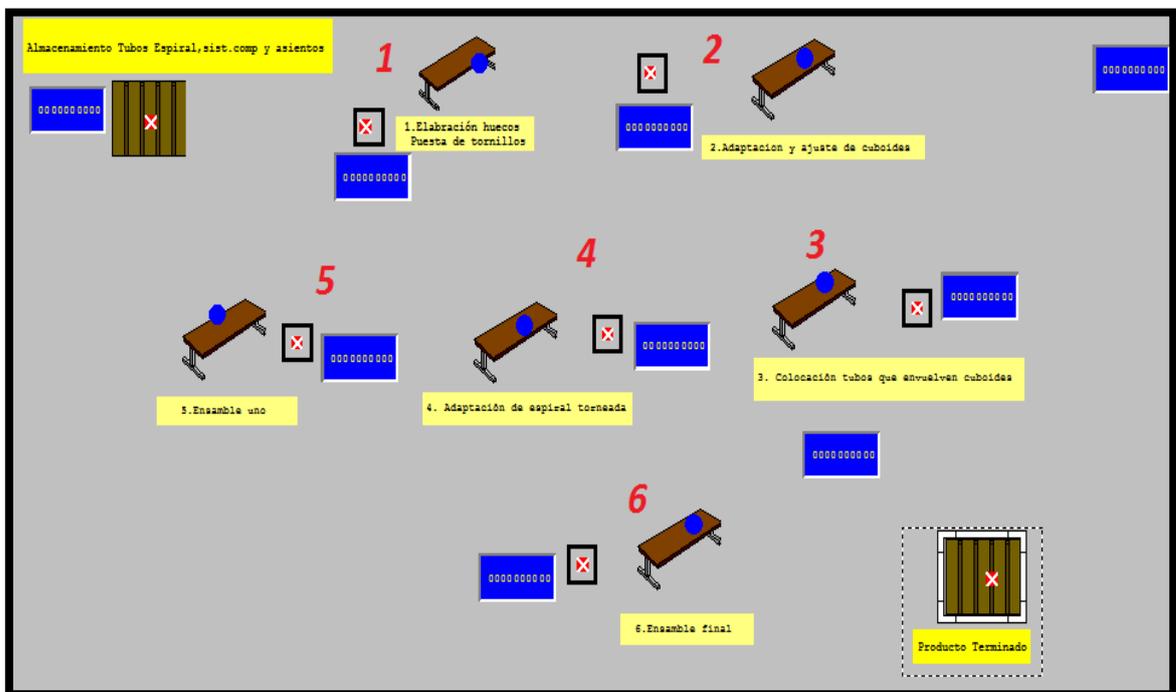


Figura 2.51: Modelo de Simulación de Baños Ecológicos.

El primer indicador del proceso de producción que se analizará es el de la utilización de las estaciones, indicador vital para evitar el colapso de la línea en el horizonte de tiempo en caso de tener un valor elevado, lo cual comúnmente conlleva a las empresas a tener que subcontratar o pagar horas extra en casos de no poder cumplir con demandas de producción a tiempo.

	Scheduled Time (MIN)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (SEC)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Tubos Espiral y Sistocomp	480,00	999999,00	300,00	7366,02	76,73	161,53	159,80	0,00
os	480,00	1,00	44,33	587,04	0,90	1,00	1,00	90,36
iste de cuboides	480,00	1,00	43,33	161,02	0,24	1,00	0,33	24,22
is que envuelven cuboides	480,00	1,00	43,00	75,37	0,11	1,00	0,00	11,25
piral	480,00	1,00	43,00	361,86	0,54	1,00	0,67	54,03
	480,00	1,00	20,60	1207,26	0,86	1,00	1,00	86,22
	480,00	1,00	19,60	345,13	0,23	1,00	0,40	23,49

Figura 2.52: Reporte General Línea de Baños Ecológicos sin CONWIP Utilización de estaciones.

Esta primera propuesta no contiene la línea balanceada ni un sistema de control de la producción implementado (CONWIP) y se puede apreciar los niveles de utilización de algunas estaciones por sobre el 90% y otras subutilizadas con menos del 15%, valores observados en la figura 2.52.

Name	Total Changes	Avg Time Per Change (SEC)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value
TH	19,20	1468,80	0,00	19,20	19,20	7,93
WIP	119,20	236,32	0,00	81,80	80,80	39,03

Figura 2.53: Reporte General Línea de Baños Ecológicos sin CONWIP Niveles de TH y WIP.

Se observa, en la figura 2.53 también los niveles de TH (significado ya mencionado anteriormente) y de WIP, resaltando que el de WIP es 39 Baños lo cual se detallará más adelante que es elevado en comparación con el segundo propuesto, y esto no conviene a la empresa ya que es recomendable que el WIP esté relativamente por encima del promedio de la demanda proyectada, y se notará que el valor presente es muy elevado lo cual puede conllevar a pérdidas por sobreproducción.

Name	Number Observations	Minimum Value	Maximum Value	Avg Value
TIEMPO DE CICLO	19,20	73,27	2685,53	1392,96

Figura 2.54: Reporte General Línea de Baños Ecológicos Tiempo de Ciclo del proceso.

En cuanto al tiempo de ciclo del proceso, mostrado en la figura 2.54, éste se encuentra en 1393 segundos aproximadamente y uno de los objetivos con el siguiente modelo propuesto es reducirlo.

A continuación, como fue presentado con el anterior proceso (línea de Refugios PVC) se detallan en la figura 2.55 los cambios realizados en el proceso de la simulación en el respectivo software para poder obtener la línea de Baños Ecológicos bajo un escenario balanceado y con el sistema de control de la producción CONWIP aplicado:

Entity...	Location...	Operation...	Entity...	Location...	Operation...
Tubo_Espiral_	Almacenamiento_Tu	CT = CLOCK ()	Tubo_Espiral_	Almacenamiento_Tu	CT = CLOCK () WAIT UNTIL
Tubo_Espiral_	Elabración huecos	WAIT N(591.77, 16.51)	Tubo_Espiral_	Elabración huecos	WAIT N(591.77, 16.51)
Tubo_Espiral_	Adaptacion_y_ajus	WAIT N(161.90, 6.031)	Tubo_Espiral_	Adaptacion_y_ajus	WAIT N(161.90, 6.031)
Tubo_Espiral_	Colocación_tubos_	WAIT N(75.5, 3.309)	Tubo_Espiral_	Colocación_tubos_	WAIT N(75.5, 3.309)
Tubo_Espiral_	Adaptacione_espir	WAIT N(362.8, 3.56)	Tubo_Espiral_	Adaptacione_espir	WAIT N(362.8, 3.56)
Sistema_Compement	Almacenamiento_Tu		Sistema_Compement	Almacenamiento_Tu	
Asiento_	Almacenamiento_Tu		Asiento_	Almacenamiento_Tu	
Tubo_Espiral_	Ensamble_1	JOIN 1 Sistema_Compement	Tubo_Espiral_	Ensamble_1	JOIN 1 Sistema_Compement
Ensamble_1_product	Ensamble_final	JOIN 1 Asiento_	Ensamble_1_product	Ensamble_final	JOIN 1 Asiento_
Ensamble_final_pr	Producto_Terminad	DEC WIP_,1	Ensamble_final_pr	Producto_Terminad	DEC WIP_,1
Tubo_Espiral_	buffer_1	INC WIP_,1	Tubo_Espiral_	buffer_1	INC WIP_,1
Tubo_Espiral_	buffer_2		Tubo_Espiral_	buffer_2	
Tubo_Espiral_	buffer_3		Tubo_Espiral_	buffer_3	
Tubo_Espiral_	buffer_4		Tubo_Espiral_	buffer_4	
Tubo_Espiral_	buffer_5		Tubo_Espiral_	buffer_5	
Ensamble_1_product	buffer_6		Ensamble_1_product	buffer_6	

Figura 2.55: Comparación de Proceso Línea de Baños Ecológicos sin CONWIP vs Línea con CONWIP.

Se puede observar el comando utilizado cuyo objetivo es que el sistema sea CONWIP, esto quiere decir que la línea siempre mantendrá un mismo nivel de WIP, lo que permite tener beneficios como: tiempos de ciclo más estables, entregas más fáciles de estimar, mayor facilidad de observación y eficiencia.

En el presente ejemplo, para determinar el número de WIP constante óptimo se utilizó la ley de Little ($WIP=TH \times CT$) considerando la producción mínima necesaria para poder cumplir con la demanda proyectada del producto e incrementando este WIP levemente para ubicarlo un poco por encima de esta demanda promedio para no caer en el desperdicio por sobreproducción.

En la figura 2.56 se presenta las utilidades de las estaciones, las cuales presentan notable mejoría según valores teóricos recomendables. Las estaciones 1 y 5 son las que presentan en el modelo anterior niveles de utilización por encima del 85%, lo cual es contraindicado para el correcto funcionamiento del sistema a lo largo del tiempo o en ambientes donde la demanda es variable por ejemplo.

Name	Scheduled Time (MIN)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (SEC)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Almacenamiento Tubos Espiral y Sistcomp	480,00	999999,00	300,00	1724,78	17,97	38,07	22,87	0,00
Elabración huecos	480,00	3,00	96,00	587,15	1,96	3,00	3,00	65,24
Adaptación y ajuste de cuboides	480,00	1,00	93,00	161,58	0,52	1,00	0,93	52,18
Colocación tubos que envuelven cuboides	480,00	1,00	92,07	75,39	0,24	1,00	0,07	24,10
Adaptación espiral	480,00	2,00	92,00	357,85	1,14	2,00	2,00	57,16
Ensamble 1	480,00	6,00	90,00	1230,49	3,85	6,00	2,53	64,09
Ensamble final	480,00	2,00	87,13	345,26	1,04	2,00	1,73	52,23

Figura 2.56: Reporte General Línea de Baños Ecológicos CONWIP WIP=12, utilización de estaciones.

Se puede observar que en la figura 2.57 el nivel TH aumentó considerablemente, así como el nivel de WIP se redujo, dos indicadores que demuestran una notable mejoría en el proceso. Esto quiere decir que la línea de producción está siendo capaz de producir con menos cantidad de producto en proceso, síntomas de mejora indudablemente.

Name	Total Changes	Avg Time Per Change (SEC)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value
TH	85,40	335,83	0,00	85,40	85,40	35,07
WIP	185,40	154,69	0,00	19,33	14,60	11,63
CT	200,00	139,55	0,00	27910,13	27910,13	13155,80
L1	108,00	258,43	0,00	12,00	4,00	5,74

Figura 2.57: Reporte General Línea de Baños Ecológicos CONWIP WIP=12, niveles de TH y WIP.

En cuanto al tiempo de ciclo del proceso, mostrado en la figura 2.58 se observa que éste se redujo, siendo éste otro de los objetivos cumplidos al implementar el sistema de control de la producción mencionado. Pues al mejorar tiempos de ciclo del proceso se puede obtener beneficios secundarios a sabiendas de que el producto está siendo realizado en menor cantidad de tiempo.

Name	Number Observations	Minimum Value	Maximum Value	Avg Value
TIEMPO DE CICLO	85,40	7,79	2716,45	1050,50

Figura 2.58: Reporte General Línea de Baños Ecológicos CONWIP WIP=12, tiempo de ciclo del proceso.

2.5 Evaluación Financiera

2.5.1 Línea de producción de refugios PVC

2.5.1.1 Determinación del costo unitario del refugio PVC.

Se presenta a continuación en la tabla 31 detalles de los costos de fabricación unitaria del refugio PVC, siendo esto no sujeto al análisis financiero, pues el producto no consta de una posible proyección de la demanda, siendo ésta determinística basado en un número de refugiados a los cuales se desea con el presente proyecto beneficiar de forma gratuita dado lo ocurrido el pasado 16 de abril del presente año. Los 19 refugios entregados fueron financiados por FEPOL y la empresa promotora del proyecto. Entidades que donaron la totalidad de la cantidad detallada por los 19 refugios destinados a los beneficiarios según su criterio.

Materiales directos

Tabla 31: Tabla de Materiales Directos Refugio PVC.

MATERIALES DIRECTOS				
Materiales y Servicios	Proveedor	Cantidad	Precio Unitario	Total
Estructura en PVC				
Tees 2"	Tubos P.	12	\$0,52	\$6,26
Yees 2"	Tubos P.	16	\$0,63	\$10,15
Uniones 2"	Tubos P.	16	\$0,48	\$7,68
Codos 90°	Tubos P.	4	\$0,39	\$1,54
Codos 45°	Tubos P.	10	\$0,53	\$5,31
Cruces 2"	Tubos P.	3	\$0,80	\$2,40
Tubos Hembra	Tubos P.	13	\$2,06	\$26,76
Cubierta				
Corte lona (1 corte 6x2,2 y 2 cortes 3,4x2)	Tapicarpa	1	86,64	86,64
Embalaje y Montaje				
Impresión manual de montaje	-	1	\$0,20	\$0,20
Piola para amarre montaje	-	1	\$1,10	\$1,10
Total				\$148,05

Gastos Indirectos

Para que sea posible el levantamiento de la línea y puesta en operación fueron necesarios los materiales, los cuales fueron aportados en su totalidad por FEPOL, mostrados en la tabla 32:

Tabla 32: Gastos Indirectos Refugios PVC.

GASTOS INDIRECTOS				
Materiales y Servicios	Proveedor	Cantidad	Precio Unitario	Total
Cierra cortadora	F. Esp.	2	\$7,23	\$14,46
Cintas para direccionar cortes	F. Esp.	1	\$0,83	\$0,83
Marcador permanente	F. Esp.	1	\$1,10	\$1,10
Martillo de goma	F. Esp.	1	\$3,20	\$3,20
Fundas basura embalaje segmentado	F. Esp.	19	0,1	\$1,90
Fundas basura embalaje final	F. Esp.	19	0,1	\$1,90
Cinta de embalaje	F. Esp.	6	\$1,30	\$7,80
Papel film	F. Esp.	2	\$3,94	\$7,88
Guantes de corte	F. Esp.	2	\$7,70	\$15,40
Total				\$46,59
Unidad				\$2,45

Mano De Obra Directa

Los operarios de la línea de producción son estudiantes de la carrera Ingeniería Industrial y participaron como voluntarios por lo cual la mano de obra no se considera para el cálculo del costo de fabricación unitaria como se observa en la tabla 33:

Tabla 33: Costo Mano de Obra Directa Refugios PVC.

MANO DE OBRA DIRECTA				
-	-	0	\$0,00	\$0,00

Resumen del costo de fabricación unitaria

Tabla 34: Tabla Costo de Fabricación Unitaria Refugio PVC.

COSTO DE FABRICACIÓN UNITARIA	
Materiales Directos	\$148,05
Mano de Obra Directa	\$0,00
Gatos Indirectos de Fabricación	\$2,45
Total	\$150,50

2.5.2 Línea de producción de Baños Ecológicos

2.5.2.1 Capital de trabajo

El capital de trabajo de la empresa se estimará para cubrir los costos de operaciones del negocio. Los costos que se consideraron para el cálculo del capital de trabajo se muestran en la tabla 35:

Tabla 35: Capital de Trabajo Baños Ecológicos.
Fuente: Fundación promotora del proyecto, elaboración propia.

ESTIMACIÓN DEL CAPITAL DE TRABAJO			
Detalle	Unidad	Cantidad	TOTAL
<u>Gastos Operativos</u>			
Material Directo			
Arco de Sierra	-	3	\$ 33,60
Sierra metálica	-	3	\$ 16,80
Mano de Obra			
Equipo central	Persona	5	\$ 4.216,00
Equipo comercial	Persona	2	\$ 2.150,00
Gasto Publicidad			\$ 1.493,97
Diseñador gráfico / Difusión en medios			
Otros Gastos de Operación			
Contratos y servicios	Mes		\$ 6.079,45
Recompensas	Mes		\$ 17.661,12
Total Capital de Trabajo			\$ 38.109,04

Además del capital de trabajo, es necesario realizar el cálculo de las maquinarias y equipos que sean parte de los activos fijos para llevar a cabo las operaciones de la empresa. Los activos fijos necesarios son mostrados en la tabla 36:

Tabla 36: Activos Fijos Baños Ecológicos.
Fuente: Fundación promotora del proyecto, elaboración propia.

ESTIMACIÓN DE ACTIVOS FIJOS			
Detalle	Unidad	Cantidad	TOTAL
Alquiler /Compra	unid	1	\$ -
Vehículos		3	\$ 112.000,00
Gastos de constitución		5	\$ 4.766,00
Muebles y enseres		-	\$ 2.350,00
Equipos de oficina		-	\$ 7.728,00
Herramientas de planta producción de TT		-	\$ 2.869,60
Maquinaria			
Torno		1	\$ 1.200,00
Moldes para inyección		-	\$ 143.075,34

2.5.2.2 Plan de financiamiento

Para que sea posible poner en marcha el negocio, será necesario contar tanto con el capital de trabajo como con el monto de la inversión. El financiamiento de esta cantidad será de un 70% y el 30 % restante por medio de inversión extranjera interesada en el proyecto. La tasa de descuento del inversionista es relativamente menor a la tasa de descuento considerada para el proyecto que es de 11,83% (Tasa referencial Productivo PYMES Banco del medio).

Utilizando la herramienta Microsoft Excel se proyectaron las tablas de amortización del préstamo. El resumen de las anualidades o tabla consolidada se muestra en la tabla 37:

Tabla 37: Amortización Consolidada Baños Ecológicos.
Fuente: Elaboración propia.

TABLA CONSOLIDADA				
<i>Período</i>	<i>Interés</i>	<i>Anualidad</i>	<i>Capital</i>	<i>Deuda</i>
0				\$ 218.468,58
1	\$ 23.406,32	\$ 68.032,50	\$ 44.626,18	\$ 173.842,40
2	\$ 18.271,23	\$ 64.252,13	\$ 45.980,90	\$ 127.861,50
3	\$ 13.703,82	\$ 45.669,20	\$ 31.965,38	\$ 95.896,13
4	\$ 9.923,46	\$ 41.888,83	\$ 31.965,38	\$ 63.930,75
5	\$ 6.143,09	\$ 38.108,47	\$ 31.965,38	\$ 31.965,38
6	\$ 2.362,73	\$ 34.328,10	\$ 31.965,38	\$ -

2.5.2.3 Presupuesto de venta

Para determinar el presupuesto de ventas se debe determinar las necesidades de materia prima del producto. Los costos de materia prima por baño son mostrados en la tabla 38:

Tabla 38: Amortización en años Baños Ecológicos.
Fuente: Fundación promotora del proyecto, elaboración propia.

Materia Prima Directa	Precio
Piezas de producción baño	\$ 113,46
Tubería infiltración	\$ 16,38
Sub total	\$ 129,84
Materiales Directos Insumos	
Manual de usuario	\$ 14,14
Sistemas de recolección	\$ 23,94
Material de ensamble	\$ 0,20
Material de empacado	\$ 2,50
Material (depósito aserrín)	\$ 1,00
Aserrín	
Sub total	\$ 41,78
MD	\$ 171,62

Determinando el costo de la materia prima por baño se procede a calcular en la tabla 39 el costo unitario total en los diferentes años:

Tabla 39: Costos de Fabricación Unitaria Baños Ecológicos.
Fuente: Fundación promotora del proyecto, elaboración propia.

COSTO DE FABRICACIÓN UNITARIA					
Materiales Directos	\$ 171,62	\$ 176,90	\$ 182,35	\$ 187,97	\$ 193,76
Mano de Obra Directa	\$ 18,30	\$ 18,86	\$ 19,44	\$ 20,04	\$ 20,66
Gatos Indirectos de Fabricación	\$ 18,99	\$ 19,58	\$ 20,18	\$ 20,80	\$ 21,44
Costo de Fabricación Unitaria	\$ 208,91	\$ 215,34	\$ 221,98	\$ 228,81	\$ 235,86

El precio de venta del producto es de \$400 establecido por el creador basado en la ganancia de una utilidad deseada entre el 30% y 50% del valor. Este producto no tiene competencia en el mercado es notable acotar, debido a que no se comercializa algún producto parecido. A continuación, se muestra en la tabla 40 una proyección de 5 años de la cantidad de equilibrio:

Tabla 40: Punto de equilibrio en el horizonte de tiempo planificado Baños Ecológicos.
Fuente: Elaboración propia.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00
Costo Variable	\$ 171,62	\$ 171,62	\$ 171,62	\$ 171,62	\$ 171,62
Margen de contribución	57%	57%	57%	57%	57%
Gastos Fijos Totales	\$ 468.758,97	\$ 532.906,98	\$ 609.657,38	\$ 719.584,66	\$450.961,63
Punto de equilibrio anual	2053	2333	2669	3151	1975
Punto de equilibrio mensual	171	194	222	263	165
Segmento del mercado	2241	2829	3594	4600	2113
	\$ 853.345,95	\$1.018.379,9	\$ 1.226.375,0	\$ 1.509.043,63	\$ 813.594,87
Costo Variable	\$ 384.586,98	\$ 485.472,91	\$ 616.717,62	\$ 789.458,97	\$ 362.633,24
Gastos Fijos Totales	\$ 468.758,97	\$ 532.906,98	\$ 609.657,38	\$ 719.584,66	\$ 450.961,63
Costos totales unitarios	\$ 380,80	\$ 360,00	\$ 341,27	\$ 328,05	\$ 385,04
	\$ 209,18	\$ 188,39	\$ 169,65	\$ 156,43	\$ 213,42
Déficit o Beneficio unitario	\$ 19,20	\$ 40,00	\$ 58,73	\$ 71,95	\$ 14,96
Déficit o Beneficio total	\$ 43.035,23	\$ 113.142,51	\$ 211.047,74	\$ 330.998,30	\$ 31.617,34
Utilidad baños	5%	10%	15%	18%	4%

2.5.2.4 Presupuesto para sueldos

A continuación, se muestra en la tabla 41 los sueldos y beneficios según la ley disponen:

Tabla 41: Presupuesto planificado para sueldos Baños Ecológicos.
Fuente: Fundación promotora del proyecto, elaboración propia.

PRESUPUESTO DE SUELDOS Y BENEFICIOS SOCIALES					
Cargos	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Gerente General	\$ 24.000,00	\$ 24.988,80	\$ 26.018,34	\$ 27.090,29	\$ 28.206,41
Choferes / Mensajero	\$ 6.000,00	\$ 6.247,20	\$ 6.504,58	\$ 6.772,57	\$ 7.051,60
Gerente comercial	\$ 18.000,00	\$ 18.741,60	\$ 19.513,75	\$ 20.317,72	\$ 21.154,81
Asistente comercial y logística	\$ 7.800,00	\$ 8.121,36	\$ 8.455,96	\$ 8.804,35	\$ 9.167,08
Aportación patronal	\$ 9.281,63	\$ 9.664,03	\$ 10.062,19	\$ 10.476,75	\$ 10.908,39
Décimo tercero	\$ 6.366,00	\$ 6.628,28	\$ 6.901,36	\$ 7.185,70	\$ 7.481,75
Décimo cuarto	\$ 10.620,00	\$ 11.057,54	\$ 11.513,11	\$ 11.987,46	\$ 12.481,34
Vacaciones	\$ 3.183,00	\$ 3.314,14	\$ 3.450,68	\$ 3.592,85	\$ 3.740,88
Fondos de reservas	0	\$ 6.628,28	\$ 6.901,36	\$ 7.185,70	\$ 7.481,75
Total de sueldos y beneficios	\$ 105.842,6	\$ 116.831,6	\$ 121.645,1	\$ 126.656,8	\$ 131.875,1

2.5.2.5 Presupuesto de costos operativos

A continuación, se presenta una tabla de proyección de los gastos fijos totales para los siguientes 5 años, los rubros servicios básicos se ven afectados por la tasa de inflación que es del 3,51% anual además de los estados financieros en las tablas 42, 43, 44 y 45:

Tabla 42: Gastos Operativos Baños Ecológicos.
Fuente: Fundación promotora del proyecto, elaboración propia.

PRESUPUESTO DE GASTOS OPERATIVOS					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Sueldos y beneficios	\$ 105.842,6	\$ 116.831,6	\$ 121.645,1	\$ 126.656,86	\$ 131.875,13
Contratos y servicios	\$ 72.953,4	\$ 75.514,1	\$ 78.164,6	\$ 80.908,19	\$ 83.748,07
Servicios básicos	\$ 4.320,0	\$ 4.471,6	\$ 4.628,6	\$ 4.791,05	\$ 4.959,22
Materiales e insumos	\$ 1.560,0	\$ 1.614,8	\$ 1.671,4	\$ 1.730,10	\$ 1.790,83
T&E	\$ 32.400,0	\$ 33.537,2	\$ 34.714,4	\$ 35.932,87	\$ 37.194,12
Imprevistos	\$ 750,0	\$ 776,3	\$ 803,6	\$ 831,78	\$ 860,97
Seguro	\$ 4.636,8	\$ 4.799,5	\$ 4.968,0	\$ 5.142,37	\$ 5.322,87
Depreciación	\$ 13.757,6	\$ 13.757,6	\$ 13.757,6	\$ 12.801,10	\$ 12.801,10
Total Gastos Operativos	\$ 449.753,9	\$ 471.225,1	\$ 487.994,9	\$ 504.426,15	\$ 522.454,80
(+) Gastos Financieros	\$ 23.406,3	\$ 18.271,2	\$ 13.703,8	\$ 9.923,46	\$ 6.143,09
(=) Gastos Fijos	\$ 473.160,2	\$ 489.496,4	\$ 501.698,7	\$ 514.349,61	\$ 528.597,89

Estados financieros

FUNDACIÓN

ESTADO DE RESULTADOS

Del 1 de enero del 2016 al 31 de Diciembre del 2020.

Tabla 43: Estado de resultados de Baños Ecológicos.
Fuente: Elaboración propia.

ESTADO DE RESULTADOS PROYECTADOS					
Ventas	896.381,1794	1.131.522,402	1.437.422,737	1.840.041,931	845.212,2131
Costos de Venta	\$ 468.156,1	\$ 609.165,76	\$ 797.684,7	\$ 1.052.565	\$ 498.380,8
Utilidad Bruta	\$ 428.225,1	\$ 522.356,6	\$ 639.738,1	\$ 787.477,1	\$ 346.831,4
Gastos Operativos	\$ 449.753,9	\$ 471.225,1	\$ 487.994,9	\$ 504.426,1	\$ 522.454,8
Utilidad Operativa	\$ (21.528,8)	\$ 51.131,50	\$ 151.743,1	\$ 283.050,9	\$ (175.623,4)
Otros Gastos: Gastos Financieros	\$ 23.406,3	\$ 18.271,23	\$ 13.703,8	\$ 9.923,5	\$ 6.143,1
Utilidad Antes de Impuesto	\$ (44.935,1)	\$ 32.860,27	\$ 138.039,3	\$ 273.127,5	\$ (181.766,5)
Participación Trabajadores	\$ (6.740,3)	\$ 4.929,04	\$ 20.705,9	\$ 40.969,1	\$ (27.264,9)
Impuesto a la Renta	\$ (8.402,9)	\$ 6.144,87	\$ 25.813,3	\$ 51.074,8	\$ (33.990,3)
Reservas	\$ (2.979,2)	\$ 2.178,64	\$ 9.152,0	\$ 18.108,3	\$ (12.051,1)
Utilidad Neta	\$ (26.812,8)	\$ 19.607,72	\$ 82.368,1	\$ 162.975,2	\$ (108.460,1)

FUNDACIÓN

ESTADO DE CAMBIO EN EL PATRIMONIO

Del 1 de enero del 2016 al 31 de Diciembre del 2020.

Tabla 44: Estado de cambio en el patrimonio Baños Ecológicos.
Fuente: Elaboración propia.

ESTADO DE CAMBIO EN EL PATRIMONIO					
Capital Contable					
Capital Social	\$ 93.629,39	\$ 93.629,39	\$ 93.629,39	\$ 93.629,39	\$ 93.629,39
Reservas	\$ (2.979,20)	\$ 2.178,64	\$ 9.152,01	\$ 18.108,35	\$ (12.051,12)
Utilidad Acumulada					
U. Anterior		\$ (22.790,86)	\$ (2.705,67)	\$ 67.713,04	\$ 196.084,96
Utilidad del Ejercicio	\$ (26.812,78)	\$ 19.607,72	\$ 82.368,06	\$ 162.975,2	\$ (108.460,1)
Dividendos	\$ (4.021,92)	\$ (477,47)	\$ 11.949,36	\$ 34.603,23	\$ 13.143,73
Total de Patrimonio	\$ 67.859,3	\$ 93.102,4	\$ 170.494,4	\$ 307.822,7	\$ 156.059,4

FUNDACIÓN
ESTADO DE SITUACIÓN FINANCIERA

Al 31 de Diciembre del 2016.

Tabla 45: Estado de situación financiera Baños Ecológicos.
Fuente: Elaboración propia.

Estado de Situación Financiera Proyectado					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Activos					
Efectivo y equivalente	\$ (5.178,57)	\$ (13.950,94)	\$ 84.801,44	\$ 252.718,31	\$ 141.623,00
Muebles y Enseres	\$ 100.800,00	\$ 89.600,00	\$ 78.400,00	\$ 67.200,00	\$ 56.000,00
Edificio	\$ 4.527,70	\$ 4.289,40	\$ 4.051,10	\$ 3.812,80	\$ 3.574,50
Vehículo	\$ 1.880,00	\$ 1.410,00	\$ 940,00	\$ 470,00	
Equipos de Oficina	\$ 6.955,20	\$ 6.182,40	\$ 5.409,60	\$ 4.636,80	\$ 3.864,00
Seguro Maquinaria	\$ 2.869,60	\$ 2.869,60	\$ 2.869,60	\$ 2.869,60	\$ 2.869,60
Maquinaria	\$ 129.847,80	\$ 115.420,27	\$ 100.992,7	\$ 86.565,20	\$ 72.137,7
Total Activos					
Pasivos					
Préstamo bancario	\$ 173.842,40	\$ 127.861,50	\$ 95.896,13	\$ 63.930,75	\$ 31.965,4
Participación a empleados por pagar	\$ -	\$ (6.740,27)	\$ 4.929,04	\$ 20.705,90	\$ 40.969,1
Impuesto a la renta por pagar	\$ -	\$ (8.402,86)	\$ 6.144,87	\$ 25.813,35	\$ 51.074,8
Patrimonio	\$ 67.859,33	\$ 93.102,36	\$ 170.494,4	\$ 307.822,71	\$ 156.059
Total Pasivos y Patrimonio	\$ 241.701,74	\$ 205.820,73	\$ 277.464,5	\$ 418.272,71	\$ 280.069

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

3.1 Evaluación del Sistema de Control de la Producción

Para realizar la evaluación del sistema de control de la producción que más se adapta al ambiente de manufactura de la línea de ensamble se utilizó el framework anteriormente mencionado, comparando tres sistemas de control de producción diferentes alineados a distintas categorías tanto de producto como de procesos. Luego de categorizar el ambiente de manufactura de la línea de ensamble, se obtuvo las siguientes características para las líneas de ensamble de los refugios PVC y baños ecológicos:

Características del ambiente de manufactura

- Producto estándar.
- Producto simple.
- Flujo lineal.
- Set up time dependientes.
- Centralizado.
- Nivel de habilidad del operador bajo.
- Variabilidad de tiempo del proceso media $0,75 < CV < 1,33$.

Para realizar la evaluación, el framework ofrece una ponderación de puntajes según las afinidades entre las categorías y el ambiente de manufactura en donde el ganador fue el PPC's Kanban.

Dado éste resultado se optó por usar el sistema CONWIP, que es una forma del Kanban simplificada y se adapta en igual condiciones al ambiente de manufactura evaluado. Esto es posible gracias a la simplicidad de la línea de producción dado que es un solo producto el que se ensambla en la línea.

Los resultados de la evaluación según la puntuación asignada por la escala, la cual evalúa el potencial de relación existente entre las características del ambiente de manufactura y los principios de cada sistema de control de la producción, se los puede apreciar en la figura 3.1:

Resultados de la evaluación según la puntuación asignada por la escala del Framework propuesto

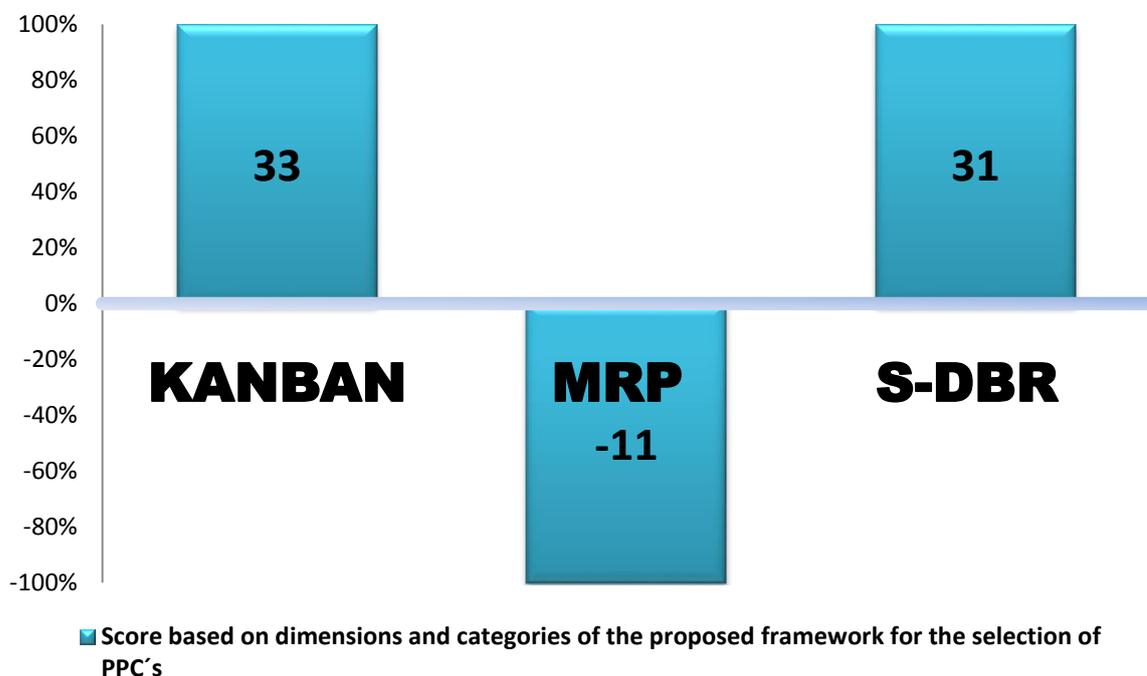


Figura 3.1: Tesis Doctoral; Determining the Most Appropriate Production Planning and Control System for Small Enterprises: Framework and field tests; Marcos Nicolajeeff Buestán Benavides.

3.2 Resultados de la Simulación del Sistema de Control de la Producción

Refugios PVC

Una vez que se logró observar que el comportamiento de la línea con las mejoras implementadas influyó positivamente a su desempeño, se decidió aumentar el nivel de WIP dentro de la misma, para aun así seguir aumentando su tasa de salida, obteniendo resultados mostrados en las figuras 3.2, 3.3 y 3.4:

Modelo de Línea de PVC CONWIP.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
E. Corte 1	8,00	2,00	690,00	1,39	2,00	2,00	2,00	100,00
E. Corte 2	8,00	3,00	629,00	1,90	2,48	3,00	0,00	82,81
Agrupación de PVC	8,00	72,00	1317,00	1,55	4,27	9,00	3,00	9,32
Agrupación KIT	8,00	120,00	438,00	13,18	12,02	21,00	18,00	10,00

Figura 3.2: Reporte General Línea de PVC CONWIP WIP=2 Utilización de estaciones.

Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value
mesa1	738,00	0,63	0,00	38,00	38,00	37,99
mesa2	664,00	0,70	0,00	34,00	34,00	34,00
kit final	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
WIP	1367,00	0,34	0,00	72,00	72,00	71,99
TH (obs-based)	35,00	13,34	1,00	35,00	35,00	18,00

Figura 3.3: Reporte General Línea de PVC CONWIP WIP=2 Niveles de TH y WIP.

Name	Number Observations	Minimum Value	Maximum Value	Avg Value
Tiempo de Kit	35,00	22,88	464,63	242,20

Figura 3.4: Reporte General Línea de PVC CONWIP WIP=2 Tiempo de Ciclo Kit.

La figura 3.3 nos muestra que los niveles de WIP y TH aumentaron, la tasa de salida de la línea aumentó alrededor de 7 kits, es decir que ahora ésta podía elaborar alrededor de 18 kit de tubos de PVC, pero aumentando con ello el tiempo necesario para poder elaborar uno de éstos, lo cual se puede observar en la figura 3.4. Si se compara con el modelo anterior, la diferencia es de alrededor de 3 minutos más que necesita la línea.

El sacrificio de aumentar el tiempo lleva a la ganancia de que la línea pueda producir 7 kits más. Pero esto también representa una mayor carga para la línea, que en cierto punto ya no podrá soportar. En la figura 3.3 pudimos observar que los niveles de utilización de las estaciones de trabajo volvieron a aumentar, las estaciones de corte estaban a más del 80% de utilización y una de ellas llegó al 100%.

Esto a la larga generará un problema para la línea de producción, debido a que en el momento de ocurrir un problema en esta estación pararía la producción abruptamente, con ello disminuyendo la productividad debido a paros en las operaciones y demora en la elaboración de los kits de tubos de PVC.

Por estos motivos se decidió no seguir aumentando el nivel de WIP de la línea de trabajo, y se optó poder dejar como mejor solución el CONWIP con un solo producto por ser elaborado.

La comparación de los dos escenarios, la línea de producción sin CONWIP y con CONWIP, en los niveles de TH, WIP y CT se puede ver a continuación en las figuras 3.5 y 3.6:

General		Locations
Name	% Utilization	
E. Corte 1	99,97	60,87
E. Corte 2	99,97	48,60
Agrupación de PVC	6,94	3,61
Agrupación KIT	67,54	6,15

Figura 3.5: Comparación Niveles de Utilización Modelo Sin CONWIP vs con CONWIP.

General		Location
Name	Avg Value	
mesa1	0,00	19,00
mesa2	0,00	17,00
kit final	0,00	0,00
WIP	14094,63	36,00
TH (obs-based)	8,50	11,00

Figura 3.6: Comparación Niveles de WIP y TH Modelo Sin CONWIP vs con CONWIP.

Resaltando que estos resultados fueron obtenidos una vez que la línea fue balanceada en sus capacidades en las estaciones de trabajo, y aplicado el sistema de control de Producción CONWIP. En donde, utilizando esta metodología se dejó un solo kit de tubos de PVC para ser elaborado por la línea, debido a que en el momento en que ésta comenzaba a realizar un kit más, es decir mantener dos kits siempre trabajando, se volvía a disparar la utilización de las estaciones.

La línea de producción diseñada entonces presenta las siguientes características en cuanto al ambiente de manufactura y parámetros:

- Tipo de Flujo (Flow Type): Lineal.
- Sistema de Control de Producción (PPC´s): CONWIP.
- Tasa de Salida Promedio (Average Throughput): 11 (unidades/min).
- Trabajo en Proceso Promedio (Average WIP): 36 (unidades).
- Tiempo de Ciclo Promedio (Average Cycle Time): 239,43 (min).

En contraste con la línea de producción no balanceada y sin el sistema de control de la producción adaptado se presenta una mejora en los parámetros de producción, mostrados en la figura 3.7:

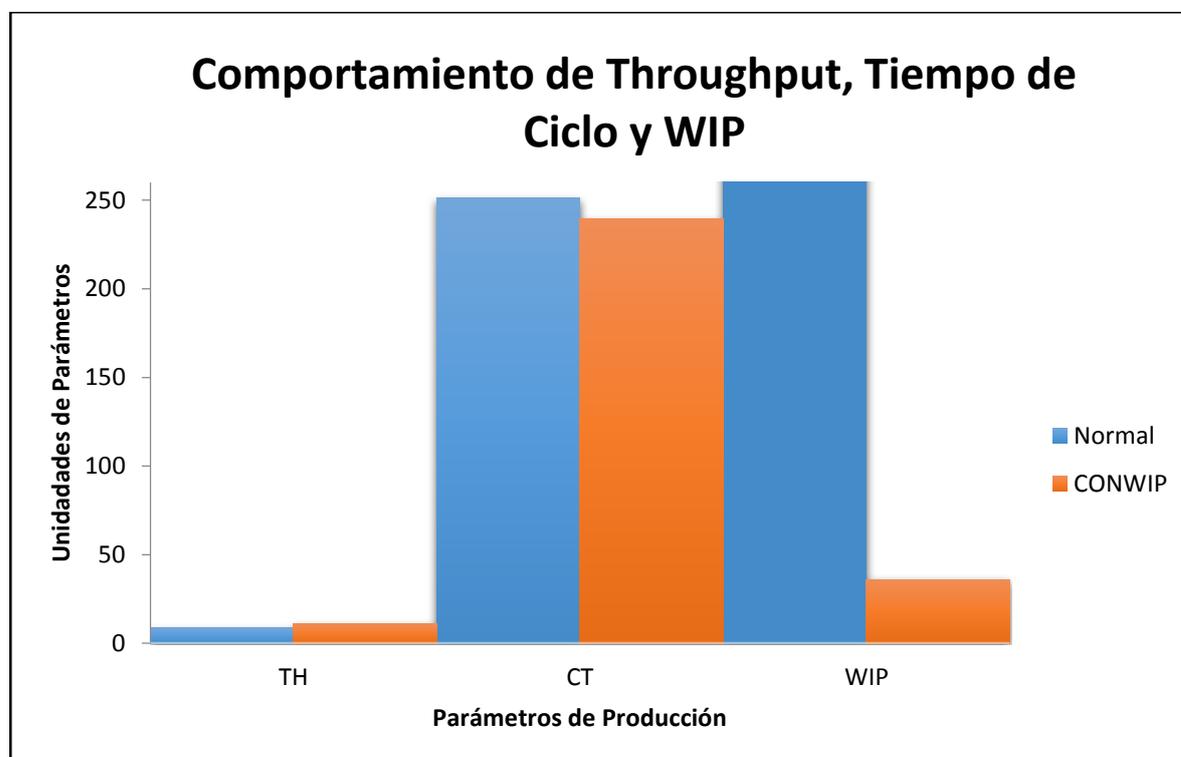


Figura 3.7: Comportamiento de los parámetros del Proceso de Producción de Refugios de PVC.

El gráfico 3.7 muestra el comportamiento de los parámetros antes y después del PPC's y balanceo de la línea a lo largo del tiempo que se corrió la simulación, resaltando la disminución considerable del WIP de más de 10 mil kits (alrededor del 99,7%), mientras que el TH aumento en 2 kits por minuto (alrededor del 29%) y el CT llego a disminuir en 10 minutos para poder elaborar un kit (alrededor de 5%).

Baños Ecológicos

Una vez observada la mejoría de los indicadores del proceso de producción (WIP CT, y Th) con la implementación del balanceo de la línea y el sistema de control de la producción CONWIP, se procede al análisis sobre la conveniencia de su implementación en el cuadro económico para la fundación promotora del proyecto interesada en la implementación de la mencionada línea de producción.

Un parámetro muy importante en el siguiente análisis es la tasa de producción de ambos modelos, que en la simulación se denota como las "Salidas" de producto terminado. Éste valor nos permite ver la capacidad del cumplimiento de la demanda proyectada. Ambos

modelos fueron considerados con días laborales de 8 horas, y se obtuvo los resultados mostrados en las figuras 3.8 y 3.9, para ambos modelos respectivamente:

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg
Tubo Espiral	0,00	80,40	
Sistema Compementario	20,60	79,40	
Ensamble 1 producto	0,00	0,40	
Ensamble final producto terminado embalado	19,20	0,00	
Asiento	19,60	80,40	

Figura 3.8: Reporte General Línea de Baños Ecológicos sin CONWIP ni balanceo, unidades producidas.

Name	Total Exits	Current Qty In System	A
Tubo Espiral	0,00	12,53	
Sistema Compementario	90,00	10,00	
Ensamble 1 producto	0,00	2,07	
Ensamble final producto terminado embalado	85,40	0,00	
Asiento	87,13	12,87	

Figura 3.9: Reporte General Línea de Baños Ecológicos CONWIP WIP=12, unidades producidas.

La demanda promedio proyectada para los 5 años es de aproximadamente 3100 unidades anuales, y esto llevado a 15 días laborales (escenario planteado por la fundación interesada en llevar cabo el proyecto) lleva a una producción diaria de mínimo 13 unidades aproximadamente. Se puede observar que ambas situaciones pueden cumplir con dicha demanda. Lo interesante aquí es notar la cantidad de capacidad diaria por la cual el sistema con línea balanceada y CONWIP implementado supera al otro modelo propuesto. Esto debido no solo al sistema de control de la producción sino también evidentemente al aumento de 9 operadores en la línea de producción para ser balanceada. Pero aquí es donde se hace la pregunta el inversor, ¿Conviene pagar a 9 operadores más económicamente?, llevamos estas cantidades a día laboral de pago siendo esta una cantidad X, y calculando proporcionalmente el pago llevado a valores diarios obtenemos lo siguiente:

Línea de Baños Ecológicos sin CONWIP ni balanceo

La demanda proyectada promedio mensual con éste modelo se llega a cumplir en 13 días aproximadamente con 6 operarios operando dentro de la línea, esto traducido a valores y

con las respectivas proporciones contempladas por la ley dentro de éste valor X detallado se obtiene que:

(14 días laborales) x (19 unidades diarias) x (12 meses) cumplen la demanda promedio proyectada anualmente. Esto quiere decir que el desembolso mensual es los días laborales con 6 operarios en la línea es 84X.

Línea de Baños Ecológicos CONWIP WIP=12

Dentro del mismo contexto para la línea con las implementaciones mencionadas se obtiene que se llega a cumplir la demanda en 4 días aproximadamente, lo cual lleva a que (4 días laborales) x (85 unidades diarias) x (12 meses) cumplen la demanda promedio proyectada anualmente. Esto quiere decir que el desembolso mensual es los días laborales con 15 operarios en la línea es 45X.

Traducido a proporciones esto es igual a $45/84 = 0.56$, es decir un 44% menos.

La comparación de los dos escenarios, la línea de producción sin CONWIP y con CONWIP, en los niveles de TH, WIP y CT se puede ver a continuación en las figuras 3.10 y 3.11:

Name	% Utilization	Name	% Utilization
Almacenamiento Tubos Espiral y Sistcomp	0,01	Almacenamiento Tubos Espiral y Sistcomp	0,00
Elabración huecos	90,36	Elabración huecos	65,24
Adaptación y ajuste de cuboides	24,22	Adaptación y ajuste de cuboides	52,18
Colocación tubos que envuelven cuboides	11,25	Colocación tubos que envuelven cuboides	24,10
Adaptacione espiral	54,03	Adaptacione espiral	57,16
Ensamble 1	86,22	Ensamble 1	64,09
Ensamble final	23,48	Ensamble final	52,23

Figura 3.10: Comparación Niveles de Utilización Modelo Sin CONWIP vs Con CONWIP.

Name	Avg Value	Name	Avg Value
TH	7,93	TH	35,07
WIP	39,03	WIP	11,63

Figura 3.11: Comparación Niveles de WIP y TH Modelo Sin CONWIP vs Con CONWIP.

Como se mencionó antes, los niveles de utilización de estaciones tomaron valores más aceptables, aunque no óptimos en todas las estaciones, las estaciones que se encontraban sobrecapacitadas sí tomaron valores dentro de rangos aceptables 70% - 80%, recomendables para un sistema productivo, y las estaciones que se encontraban subutilizadas alcanzaron valores más aceptables, pero en el caso de la estación 3 por ejemplo, sigue tomando valores de éste tipo.

La línea de producción diseñada entonces presenta las siguientes características en cuanto al ambiente de manufactura:

- Tipo de Flujo (Flow Type): Lineal.
- Sistema de Control de Producción (PPC's): CONWIP.
- Tasa de Salida Promedio (Average Throughput): 35,7 (unidades/min).
- Trabajo en Proceso Promedio (Average WIP): 12 (unidades).
- Tiempo de Ciclo Promedio (Average Cycle Time): 17,5 (min).

En contraste con la línea de producción no balanceada y sin el sistema de control de la producción adaptado se presenta una mejora en los parámetros de producción, mostrados a continuación en la figura 3.12:

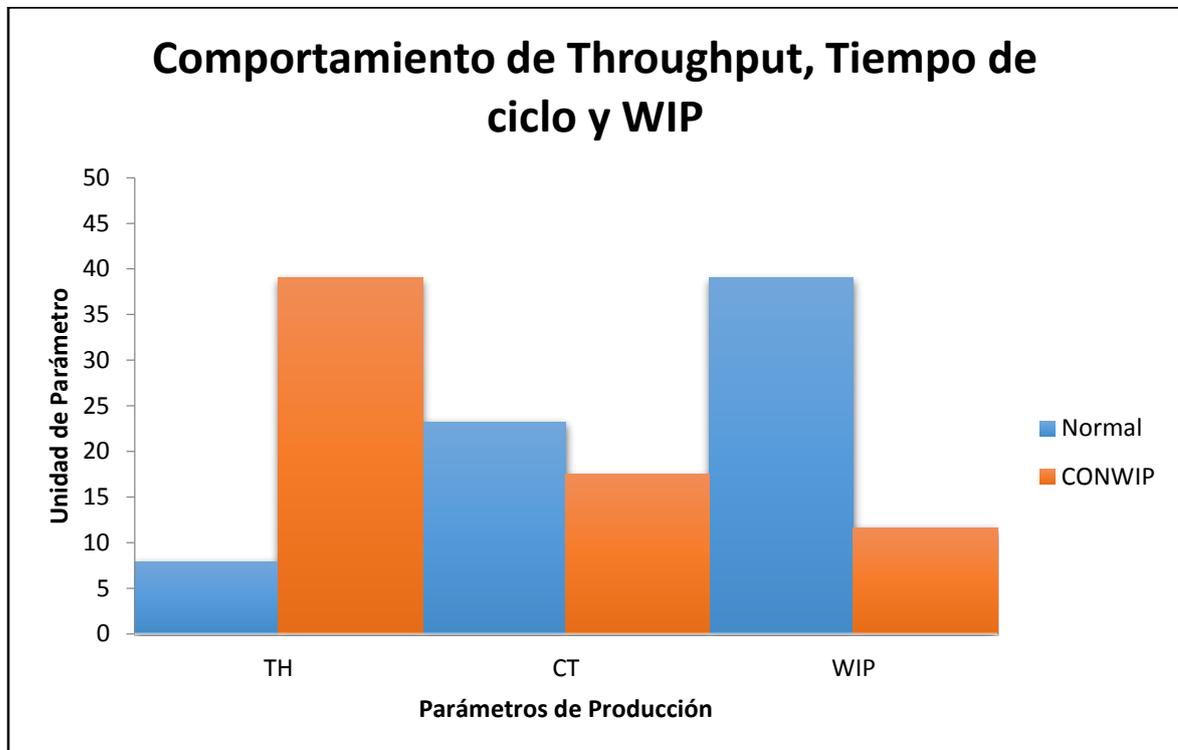


Figura 3.12: Comportamiento de los Parámetros del Proceso de Producción de Baños Ecológicos.

La figura muestra el comportamiento de los parámetros antes y después del PPC's y balanceo de la línea a lo largo del tiempo que se corrió la simulación, resaltando la disminución del WIP en aproximadamente 30 unidades en promedio (alrededor del 70%), el tiempo de ciclo también presenta reducción en aproximadamente 6 minutos en promedio (alrededor del 25%), así como un aumento del valor promedio del rendimiento igual a 31 unidades sobre minuto (alrededor del 73,2%).

3.3 Resultados de la Evaluación Financiera

Flujo del proyecto de línea de producción de Baños Ecológicos:

Tabla 46: Flujo de caja proyectado Baños Ecológicos.
Fuente: Fundación promotora del proyecto, elaboración propia.

Flujo	Caja	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Proyectado							
<u>Ingresos Operacionales</u>	-						
Cobros		\$ 896.381,18	\$ 1.131.522,40	\$ 1.437.422,74	\$ 1.840.041,93	\$ 845.212,21	
<u>Egresos Operacionales</u>	-						
Pagos a proveedores por fabricación		\$ 468.156,06	\$ 609.165,76	\$ 797.684,67	\$ 1.052.564,86	\$ 498.380,82	
Pago de sueldos y beneficios		\$ 105.842,63	\$ 116.831,62	\$ 121.645,09	\$ 126.656,86	\$ 131.875,13	
Pago de servicios básicos		\$ 72.953,41	\$ 75.514,07	\$ 78.164,61	\$ 80.908,19	\$ 83.748,07	
Pago de alquiler		\$ 211.933,46	\$ 219.372,33	\$ 227.072,29	\$ 235.042,53	\$ 243.292,52	
Pago de publicidad		\$ 1.600,00	\$ 550,00	\$ 569,31	\$ 589,29	\$ 609,97	
Subtotal		\$ 860.485,55	\$ 1.021.433,78	\$ 1.225.135,97	\$ 1.495.761,74	\$ 957.906,51	
Flujo Caja Operacional		\$ 35.895,63	\$ 110.088,62	\$ 212.286,76	\$ 344.280,19	\$ (112.694,30)	
<u>Ingresos no Operacional</u>	-						
Aporte Accionistas	\$ 93.629,39						
Bancos	\$ 218.468,58						
Subtotal	\$ 312.097,98						
<u>Egresos no Operacional</u>	-						
Amortizaciones Capital		\$ 44.626,18	\$ 45.980,90	\$ 31.965,38	\$ 31.965,38	\$ 31.965,38	
Gastos Financieros		\$ 23.406,32	\$ 18.271,23	\$ 13.703,82	\$ 9.923,46	\$ 6.143,09	
Participación Trabajadores		0	\$ (6.740,27)	\$ 4.929,04	\$ 20.705,90	\$ 40.969,12	
Impuesto Renta		0	\$ (8.402,86)	\$ 6.144,87	\$ 25.813,35	\$ 51.074,84	
Dividendos		\$ (4.021,92)	\$ (477,47)	\$ 11.949,36	\$ 34.603,23	\$ 13.143,73	
Plan Inversión	-						
Activo Fijo	\$ (273.988,94)						
Capital Trabajo	\$ (38.109,04)						
Subtotal	\$ (312.097,98)	\$ 64.010,58	\$ 48.631,53	\$ 68.692,47	\$ 123.011,31	\$ 143.296,16	
<u>Flujo Caja No Operación</u>	\$ -	\$ (64.010,58)	\$ (48.631,53)	\$ (68.692,47)	\$ (123.011,31)	\$ (143.296,16)	
Flujo Caja Neto	\$ -	\$ (28.114,95)	\$ 61.457,09	\$ 143.594,30	\$ 221.268,88	\$ (255.990,46)	
<u>Inversión</u>							
Activos fijos	\$ (273.988,94)						
Capital de trabajo	\$ (38.109,04)						
<u>Flujo Operacional</u>	\$ -	\$ 35.895,63	\$ 110.088,62	\$ 212.286,76	\$ 344.280,19	\$ (112.694,30)	
Participación empleados	\$ -	\$ -	\$ (6.740,27)	\$ 4.929,04	\$ 20.705,90	\$ 40.969,12	
Impuesto a la renta	\$ -	\$ -	\$ (8.402,86)	\$ 6.144,87	\$ 25.813,35	\$ 51.074,84	
<u>Flujo de caja neto</u>	\$ (312.097,98)	\$ 35.895,63	\$ 125.231,75	\$ 201.212,85	\$ 297.760,94	\$ (204.738,26)	
Pay back	3,43	\$ (276.202,35)	\$ (150.970,60)	\$ 50.242,26	\$ 348.003,20	\$ 143.264,94	

Cálculo del TIR y VAN (tabla 47)**Tabla 47: Resultados de Análisis Financiero.**

<i>Tiempo de recuperación</i>	<i>de</i>	3 años 5 meses
<u>TIR (Financiera)</u>		17%
<u>Tasa de Descuento</u>		11,83%
<u>VAN</u>	\$	349.435,67
<u>VAN REAL</u>	\$	37.337,69

3.4 Conclusiones Financieras

En el flujo de caja presentado en el literal anterior hemos analizado ciertos indicadores y tasas que permiten evaluar la rentabilidad de un negocio y qué tan factible es invertir en el mismo.

La tasa interna de retorno TIR= 17%, al ser positiva y mayor que la tasa de descuento, permite afirmar que el proyecto sí es viable desde un punto de vista económico.

El valor actual neto (VAN) representa las ganancias traídas a un valor presente para compararse con el valor de la inversión, al ser este valor positivo, se concluye que la inversión inicial realizada sí será recuperada dentro del período analizado de 5 años, específicamente en 3 años y 5 meses.

El panorama de inversión se muestra llamativo al no existir competencia en el mercado para el producto ofertado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se diseñó e implementó una línea de producción de refugios conformados por accesorios de PVC aplicando la planificación sistemática para la distribución de la línea, y el framework propuesto por el Doctor Marcos Buestán para la selección del sistema de control de la producción más adecuado, logrando producir un total de 19 refugios. Además, se diseñó la línea de producción de baños ecológicos adoptando las mismas herramientas, obteniendo como entregable el diseño de la línea con sus respectivas características en cuanto a capacidad de producción según lo siguiente:

1. A través del Framework utilizado para la selección del sistema de control de la producción más adecuado para la línea, se determinó según las dimensiones y categorías del ambiente de manufactura propuesto, que existe mayor relación con los principios del Kanban. Dado que las líneas de producción, tanto la de Kit refugio PVC como la de Baños Ecológicos elaboran un solo producto, el uso del CONWIP es de mayor beneficio, pues es una versión de Kanban simplificado y se adapta aún más a sus principios.
2. A través de la herramienta de simulación se verificó que para las líneas de producción propuestas, la aplicación del sistema de control de producción CONWIP, previo el balanceo de líneas para equiparar capacidades entre estaciones, conlleva a la mejora de los valores de la tasa de salida elevándolos. De igual forma los valores trabajo en proceso y tiempo de ciclo mejoran, disminuyendo éstos.
3. Para la línea de producción de refugios PVC se definió como trabajo en proceso constante a una unidad (Kit), mostrando éste el mejor escenario para los valores de tiempo de ciclo y tasa de salida sin alterar niveles de utilización de las estaciones. De igual manera se determinó que el valor que presenta el mejor escenario en la línea de producción de baños ecológicos para los valores de tasa de salida, tiempo de ciclo, utilización y a su vez logrando cumplir con la demanda anual proyectada es el trabajo en proceso constante (WIP) igual a 12.
4. Por medio de la simulación se determinó los valores promedio de los parámetros para ambas líneas de producción propuestas. Siendo, $Th_1=11(u/min)$ $Ct_1=239,43(min)$ y $Wip_1=36(u)$, donde Th_1 : tasa de salida de refugios PVC Ct_1 : tiempo de ciclo de producción de refugios PVC y Wip_1 : trabajo en proceso de línea de refugios PVC. También siendo $Th_2=35,7(u/min)$, $Ct_2=17,5(min)$ y $Wip_2=12(u)$, donde Th_2 : tasa de salida de baños ecológicos Ct_2 : tiempo

de ciclo de producción de baños ecológicos y Wip_1 : trabajo en proceso de línea de producción baños ecológicos.

Debido a la falta de recursos donados para la elaboración de Refugios PVC, no se logró llegar a la meta propuesta de 50 Kits logrando elaborar solo 19 Kits, cumpliendo al final con el 38% de la meta propuesta.

Recomendaciones

1. Es imprescindible al momento de planificar la implementación de una línea de producción conocer al detalle las características del producto y la forma en la que se realizará, siendo esta información el detonante para determinar qué flujo deberán tener los materiales y el recurso humano dentro de las instalaciones y a su vez, éstos servirán de entrada para la determinación del espacio necesario y características específicas que tendrá el diseño final de las instalaciones.
2. Al momento de realizar la selección de un sistema de control de la producción para cualquier proceso es imprescindible considerar y evaluar todas las dimensiones de las categorías de proceso, producto y mercado. Además, que ésta evaluación debe ser realizada por el personal de la entidad involucrado en cada una de estas áreas para obtener características de un ambiente de manufactura lo más cercano a la realidad de la entidad.
3. Para cualquier implementación, cambio o mejora en el sistema de producción de la entidad, es lo más recomendable mediante softwares de simulación de procesos, obtener información sobre el futuro comportamiento del proceso para determinar si las mejoras propuestas en cuanto a la producción están acorde a las necesidades de la demanda proyectada por la entidad para determinados productos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Action Group Education and Consulting (2012), Técnica para el Análisis de Problemas: 5W + 2H. [Online]. Disponible en: <http://www.actiongroup.com.ar/download/5w2h.pdf>.
- [2] Abbie Griffin, Steve Gaskin, Robert Klein, Gerry Katz, and John R. Hauser (2009), "The Voice of the Customer," Wiley International Encyclopedia of Marketing [Online]. Disponible en: http://www.mit.edu/~hauser/Papers/Gaskin_Griffin_Hauser_et_al%20VOC%20Encyclopedia%202011.pdf.
- [3] Thomas H. Sawyer, Facility Planning and Design 13va Edición. Urbana, IL 61801, E.U.A. SAGAMORE Publishing LLC, 2013.
- [4] Benjamín W. Niebel, Andris Freivalds, Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo 12va Edición. Colonia Desarrollo Santa Fe, México D.F., México. Editorial McGraw Hill Interamericana Editores, S.A. De C.V, 2009.
- [5] Tompkins, J.A. y White, J.A (1984) Nueva York, E.U.A. Editorial John Wiley & Sons. Disponible en: https://unavdocs.files.wordpress.com/2010/10/diego_mas_distribucion_en_planta.pdf.
- [6] F. Robert Jacobs, Richard B. Chase, Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros 13va Edición. Colonia Desarrollo Santa Fe, México D.F., México. McGraw Hill Interamericana Editores, S.A. De C.V, 2009.
- [7] Amitiva Mitra, Fundamentals of Quality Control and Improvement 3ra Edición. New Jersey, E.U.A. Editorial John Wiley & Sons, 2008.
- [8] Eduardo García Dunna, Heriberte García Reyes, Leopoldo Eduardo Cárdenas, Simulación de Sistemas con Promodel. Naucalpan de Juárez, México. Pearson Educación de México S.A. de C.V., 2006.
- [9] Jerry Banks, John S. Crson II Barry L. Nelson, David M. Nicol, Discrete-Event System Simulation 4ta Edición. Upper Saddle River, New Jersey, E.U.A. Pearson Prentice Hall, 2005.
- [10] Marcos Nicolajeef Buestán Benavides, Tesis Doctoral, 2014. Determining the Most Appropriate Production Planning and Control System for Small Enterprises: Framework and field tests.

APÉNDICE A

Apéndice 1

Instructivo de operación de las estaciones de corte:

INSTRUCTIVO PARA OPERARIOS DE AJUSTE Y CORTE

INSTRUCTIVO DE CORTE	
Actividades	
Operario Ajuste	Operario Corte
1. Recoger tubo de Materia Prima	1. Ayuda a realizar medición
2. Coloca tubo sobre mesa de trabajo	2. Posiciona tubo para cortar
3. Realiza medición según tabla y marca línea guía de corte	3. Realiza la seña del tubo con la sierra
4. Ubica guía para marca de corte	4. Corta tubo de PVC de forma constante para evitar errores
5. Realiza marca para corte	5. Luego de tres tubos completos se turna con el operario de ajuste
6. Sujeta tubo con firmeza	
7. Coloca numeración en tubo afuera	

Guía de Corte

CORTE DE TUBOS VALORES ACUMULADOS

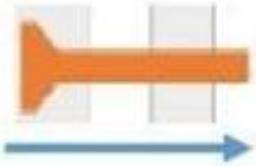
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3	Tubo 4	Tubo 5	Tubo 6	Tubo 7	Tubo 8	Tubo 9	Tubo 10	Tubo 11
108	102.5	97	24.5	37	49	(26X1)	11.5	3.5	9.5	7.5	76.5 (17.5X4)
199	193.5	188	275.5	263	251		288.5	296.5	290.5	292.5	
290	284.5	279	192.5				216.5	198.5	207.5	209.5	223.5
10	15.5	21	109.5	131.5	125.5		125.5	126.5	109.5	126.5	125.5

Grupo	Tubos Mesa 1						Medidas						# Cortes				
	1	2	3	6	7	11	108 x 1	102,5 x 1	91 x 6	125,5 x 4	72 x 1	91 x 1		97 x 1	98 x 1	17,5 x 1	26 x 2
1																	10
2																	9
Grupo	Tubos Mesa 2						Medidas						# Cortes				
3	4	5	9	8	10		83 x 3	131,5 x 2	109,5 x 2	98 x 1	83 x 2	98 x 1		17,5 x 3	72 x 1		11
4							126,5 x 2	98 x 1	83 x 2	83 x 2	72 x 1						6

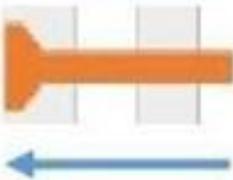
Apéndice 2

Guías de corte según las dos estaciones de corte con sus respectivos tubos asignados:

MESA 1

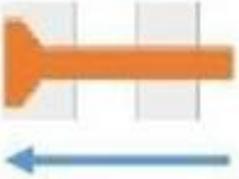


Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3
108	102.5	97
199	193.5	188
290	284.5	279
10	15.5	21



Tubo 6	Tubo 7	Tubo 11
49 (26X1)	11.5	76.5 (17.5X4)
251	288.5	223.5
125.5	216.5	125.5

MESA 2



Tubo 4	Tubo 5	Tubo 8	Tubo 9	Tubo 10
24.5	37 (26X1)	3.5	9.5	7.5
275.5	263	296.5	290.5	292.5
192.5		198.5	207.5	209.5
109.5	131.5	126.5	109.5	126.5

Apéndice 4

Instructivo de operación de las estaciones de agrupación y ensamble:

INSTRUCTIVO PARA OPERARIOS DE AGRUPACIÓN Y ENSAMBLE

INSTRUCTIVO DE AGRUPACION Y ENSAMBLE	
	Actividades
Operario Agrupación	Operario Ensamble
1. Realiza medición de verificación del tubo cortado	1. Ayuda posicionando tubos para agrupación según grupo de medidas
2. Lima sobrante o malformación	2. Almacena grupo en mesa de ensamble a la espera de los demás grupos
3. Almacena según grupo de mesa	3. Coloca grupos de tubos según la guía
4. Agrupa según grupo de medidas	4. Encinta grupo tubos en medio para sujeción
5. Ayuda con embalaje final con el papel Film	5. Realiza check list de grupos de tubos
	6. Realiza embalaje final con papel Film

Guía de Agrupación Y Ensamble

Color
108 - 102,5 - 97
125,5
91
91
26
Color
17,5
72
98
Color
126,5
83
131,5
109,5

Apéndice 5

Manual de construcción de carpa de tubos de PVC página 1/2:

Elaborado por: María Teresa Polit Argüello

¿QUÉ CONTIENE SU REFUGIO PVC?

- Fundas AMARILLA Nudos de la CUBIERTA
- Fundas AZUL Nudos de las PAREDES
- Fundas VERDE Nudos de las bases

1 LA BASE (28 CODOS)

ARMAR LOS NUDOS COMO SE INDICA A CONTINUACIÓN

NUDO A

NUDO B

NUDO C

TUBOS Y MEDIDAS

- 2 TUBOS DE 300CMS
- 4 TUBOS DE 17.5CMS
- 2 TUBOS DE 72CMS
- 2 TUBOS DE 83CMS
- 2 TUBOS DE 26 CMS

RESULTADO

REPETIR EL PROCESO DE NUDOS 2 VECES

3 CRUCES 2"

12 TEEES 2"

4 CODOS 90°

9 CODOS 45°

RETAZOS

LONAS SACOS

13 TUBOS 2"

16 UNIONES 21

16 TEEES 2"

(MEDIDAS EN CMS)

RECOMENDACIONES

- ARMAR LOS NUDOS PRIMERO Y LUEGO MONTAR LOS PVC
- AJUSTAR BIEN CADA TUBO Y UNIÓN PARA QUE LA CARPA QUEDE COMPACTA
- LA CUBIERTA DE LONA SE DIVIDE EN DOS PARTES. UNA PARTE QUE CUBRE LA PARTE SUPERIOR, TRASERA Y LATERALES Y LA SEGUNDA PARTE QUE CUBRE LA PARTE DELANTERA (ENTRADA)

Apéndice 7

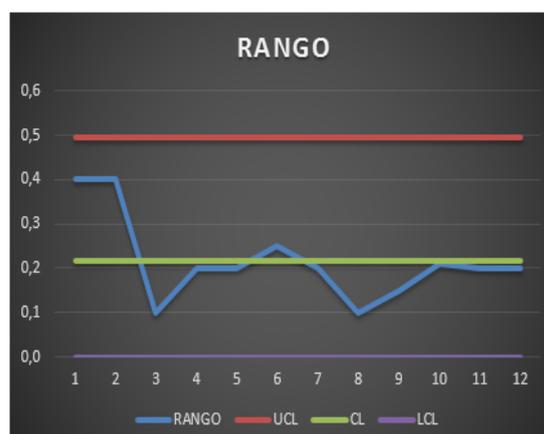
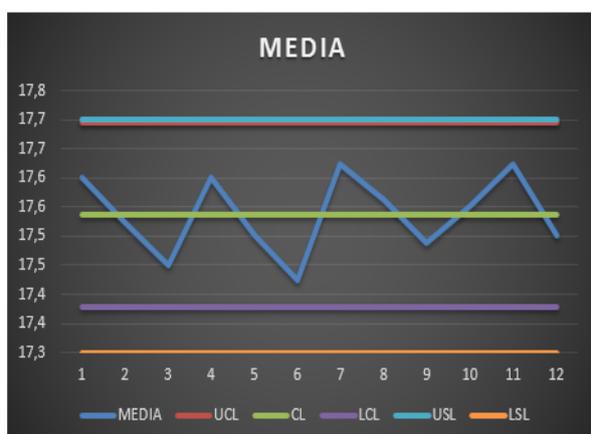
Cartas de Control Estadístico para las medidas de tubos de PVC:

TUBO DE 17,5

A2	D3	D4
0,73	0	2,28

OBSERVACIONES				
Muestra (Días)	1	2	3	4
1	17,6	17,8	17,6	17,4
2	17,8	17,4	17,4	17,5
3	17,5	17,5	17,4	17,4
4	17,7	17,6	17,5	17,6
5	17,5	17,5	17,6	17,4
6	17,6	17,5	17,4	17,3
7	17,7	17,7	17,5	17,6
8	17,6	17,5	17,6	17,6
9	17,4	17,5	17,5	17,6
10	17,5	17,6	17,5	17,7
11	17,7	17,7	17,5	17,6
12	17,4	17,5	17,6	17,5

CARTAS DE CONTROL PARA MEDIA						CARTAS DE CONTROL PARA RANGOS			
MEDIA	UCL	CL	LCL	USL	LSL	RANGO	UCL	CL	LCL
17,6	17,70	17,54	17,38	17,70	17,30	0,4	0,50	0,2	0
17,5	17,70	17,54	17,38	17,70	17,30	0,4	0,50	0,2	0
17,5	17,70	17,54	17,38	17,70	17,30	0,1	0,50	0,2	0
17,6	17,70	17,54	17,38	17,70	17,30	0,2	0,50	0,2	0
17,5	17,70	17,54	17,38	17,70	17,30	0,2	0,50	0,2	0
17,4	17,70	17,54	17,38	17,70	17,30	0,3	0,50	0,2	0
17,6	17,70	17,54	17,38	17,70	17,30	0,2	0,50	0,2	0
17,6	17,70	17,54	17,38	17,70	17,30	0,1	0,50	0,2	0
17,5	17,70	17,54	17,38	17,70	17,30	0,2	0,50	0,2	0
17,6	17,70	17,54	17,38	17,70	17,30	0,2	0,50	0,2	0
17,6	17,70	17,54	17,38	17,70	17,30	0,2	0,50	0,2	0
17,5	17,70	17,54	17,38	17,70	17,30	0,2	0,50	0,2	0

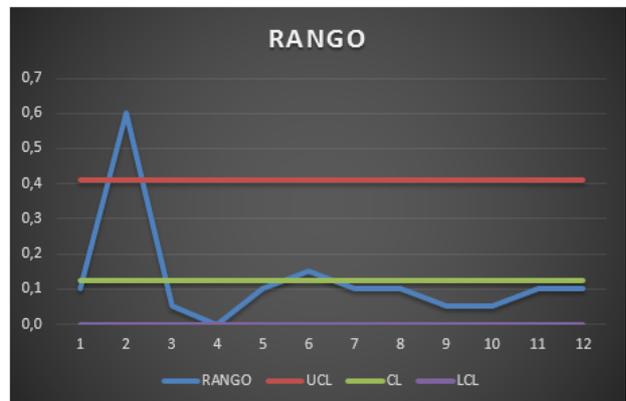
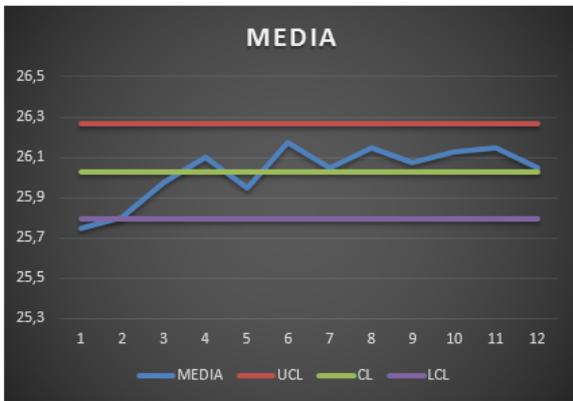


TUBO 26

A2	D3	D4
1,88	0	3,27

OBSERVACIONES		
Muestra (Días)	1	2
1	25,7	25,8
2	25,5	26,1
3	26,0	26,0
4	26,1	26,1
5	26,0	25,9
6	26,1	26,3
7	26,0	26,1
8	26,1	26,2
9	26,1	26,1
10	26,2	26,1
11	26,1	26,2
12	26,1	26,0

CARTAS DE CONTROL PARA MEDIA				CARTAS DE CONTROL PARA RANGO			
MEDIA	UCL	CL	LCL	RANGO	UCL	CL	LCL
25,8	26,26	26,03	25,79	0,1	0,41	0,1	0
25,8	26,26	26,03	25,79	0,6	0,41	0,1	0
26,0	26,26	26,03	25,79	0,1	0,41	0,1	0
26,1	26,26	26,03	25,79	0,0	0,41	0,1	0
26,0	26,26	26,03	25,79	0,1	0,41	0,1	0
26,2	26,26	26,03	25,79	0,1	0,41	0,1	0
26,1	26,26	26,03	25,79	0,1	0,41	0,1	0
26,2	26,26	26,03	25,79	0,1	0,41	0,1	0
26,1	26,26	26,03	25,79	0,1	0,41	0,1	0
26,1	26,26	26,03	25,79	0,0	0,41	0,1	0
26,2	26,26	26,03	25,79	0,1	0,41	0,1	0
26,1	26,26	26,03	25,79	0,1	0,41	0,1	0

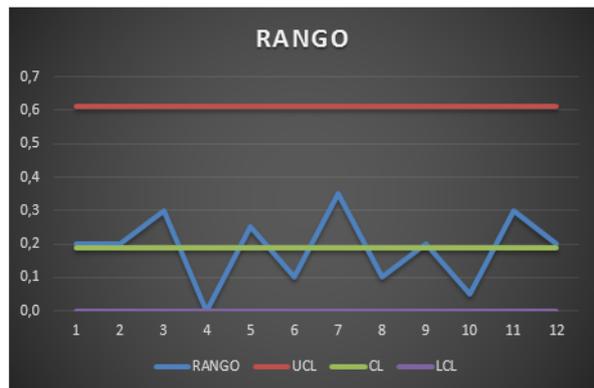
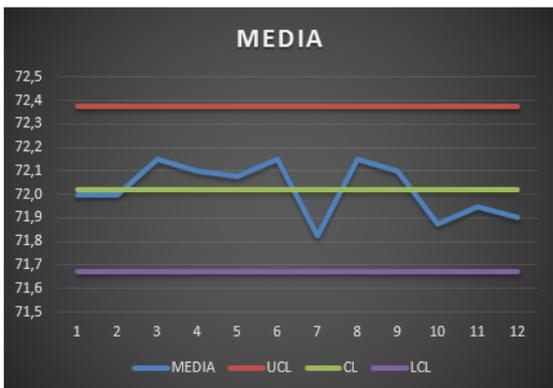


TUBO 72

A2	D3	D4
1,88	0	3,27

OBSERVACIONES		
Muestra (Días)	1	2
1	71,9	72,1
2	71,9	72,1
3	72,3	72,0
4	72,1	72,1
5	72,0	72,2
6	72,2	72,1
7	71,7	72,0
8	72,2	72,1
9	72,0	72,2
10	71,9	71,9
11	71,8	72,1
12	72,0	71,8

CARTAS DE CONTROL PARA MEDIA				CARTAS DE CONTROL PARA RANGO			
MEDIA	UCL	CL	LCL	RANGO	UCL	CL	LCL
72,0	72,38	72,02	71,67	0,2	0,61	0,2	0
72,0	72,38	72,02	71,67	0,2	0,61	0,2	0
72,2	72,38	72,02	71,67	0,3	0,61	0,2	0
72,1	72,38	72,02	71,67	0,0	0,61	0,2	0
72,1	72,38	72,02	71,67	0,3	0,61	0,2	0
72,2	72,38	72,02	71,67	0,1	0,61	0,2	0
71,8	72,38	72,02	71,67	0,3	0,61	0,2	0
72,2	72,38	72,02	71,67	0,1	0,61	0,2	0
72,1	72,38	72,02	71,67	0,2	0,61	0,2	0
71,9	72,38	72,02	71,67	0,1	0,61	0,2	0
72,0	72,38	72,02	71,67	0,3	0,61	0,2	0
71,9	72,38	72,02	71,67	0,2	0,61	0,2	0

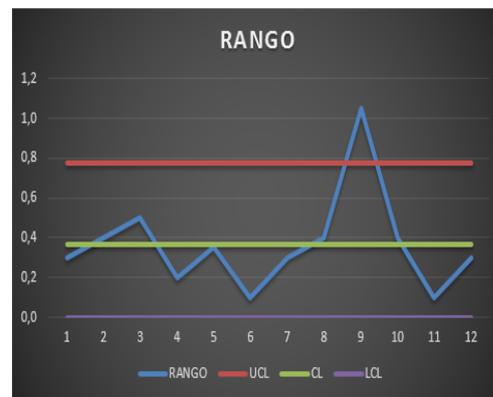
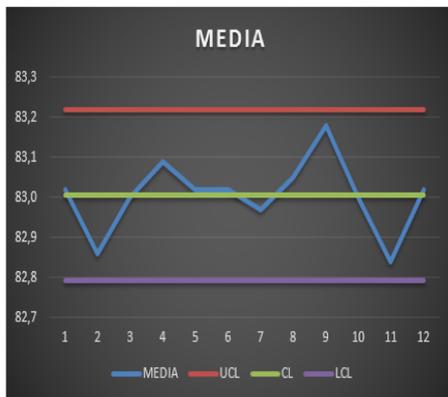


TUBO 83

A2	D3	D4
0,58	0	2,11

OBSERVACIONES					
Muestra (Días)	1	2	3	4	5
1	83,1	82,9	83,0	82,9	83,2
2	82,9	82,6	82,9	83,0	82,9
3	82,8	83,1	83,3	83,0	82,8
4	83,2	83,0	83,0	83,1	83,2
5	83,2	82,9	82,9	82,9	83,3
6	83,0	83,0	83,0	83,0	83,1
7	83,1	83,0	83,1	82,8	82,9
8	83,2	83,1	83,2	82,8	83,0
9	82,9	83,0	84,0	83,0	83,1
10	83,1	83,0	82,9	82,8	83,2
11	82,9	82,8	82,8	82,9	82,8
12	83,0	83,0	83,2	82,9	83,0

CARTAS DE CONTROL PARA MEDIA				CARTAS DE CONTROL PARA RANGO			
MEDIA	UCL	CL	LCL	RANGO	UCL	CL	LCL
83,0	83,22	83,01	82,79	0,3	0,77	0,4	0
82,9	83,22	83,01	82,79	0,4	0,77	0,4	0
83,0	83,22	83,01	82,79	0,5	0,77	0,4	0
83,1	83,22	83,01	82,79	0,2	0,77	0,4	0
83,0	83,22	83,01	82,79	0,3	0,77	0,4	0
83,0	83,22	83,01	82,79	0,1	0,77	0,4	0
83,0	83,22	83,01	82,79	0,3	0,77	0,4	0
83,1	83,22	83,01	82,79	0,4	0,77	0,4	0
83,2	83,22	83,01	82,79	1,1	0,77	0,4	0
83,0	83,22	83,01	82,79	0,4	0,77	0,4	0
82,8	83,22	83,01	82,79	0,1	0,77	0,4	0
83,0	83,22	83,01	82,79	0,3	0,77	0,4	0

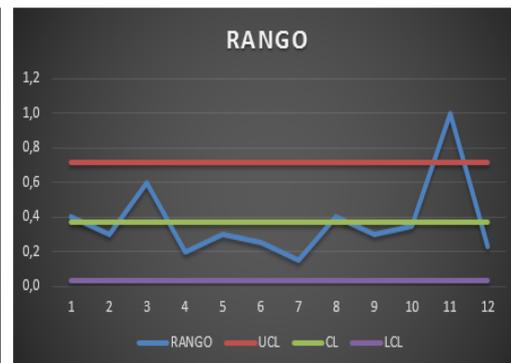
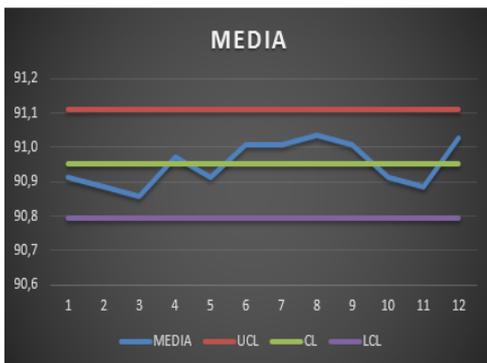


TUBO 91

A2	D3	D4
0,42	0,08	1,92

OBSERVACIONES							
Muestra (Días)	1	2	3	4	5	6	7
1	90,9	91,0	90,8	90,8	91,1	91,1	90,7
2	90,8	90,7	90,9	91,0	90,9	91,0	90,9
3	90,5	91,1	90,9	90,8	90,9	90,9	90,9
4	91,1	91,0	90,9	90,9	91,0	91,0	90,9
5	91,0	91,1	90,9	90,9	90,9	90,9	90,8
6	91,0	91,0	91,0	91,1	90,9	91,2	91,0
7	91,0	91,1	91,0	91,1	91,0	91,1	91,0
8	90,9	91,0	91,2	91,1	91,1	91,2	90,8
9	90,9	90,9	91,0	91,0	91,1	91,2	91,0
10	91,1	90,8	90,8	90,9	91,1	91,1	90,8
11	90,9	91,1	90,9	90,9	91,0	91,2	90,2
12	91,0	91,1	91,0	90,9	91,1	91,0	91,1

CARTAS DE CONTROL PARA MEDIA				CARTAS DE CONTROL PARA RANGO			
MEDIA	UCL	CL	LCL	RANGO	UCL	CL	LCL
90,9	91,11	90,95	90,80	0,4	0,72	0,4	0,029867
90,9	91,11	90,95	90,80	0,3	0,72	0,4	0,029867
90,9	91,11	90,95	90,80	0,6	0,72	0,4	0,029867
91,0	91,11	90,95	90,80	0,2	0,72	0,4	0,029867
90,9	91,11	90,95	90,80	0,3	0,72	0,4	0,029867
91,0	91,11	90,95	90,80	0,3	0,72	0,4	0,029867
91,0	91,11	90,95	90,80	0,1	0,72	0,4	0,029867
91,0	91,11	90,95	90,80	0,4	0,72	0,4	0,029867
91,0	91,11	90,95	90,80	0,3	0,72	0,4	0,029867
90,9	91,11	90,95	90,80	0,3	0,72	0,4	0,029867
90,9	91,11	90,95	90,80	1,0	0,72	0,4	0,029867
91,0	91,11	90,95	90,80	0,2	0,72	0,4	0,029867

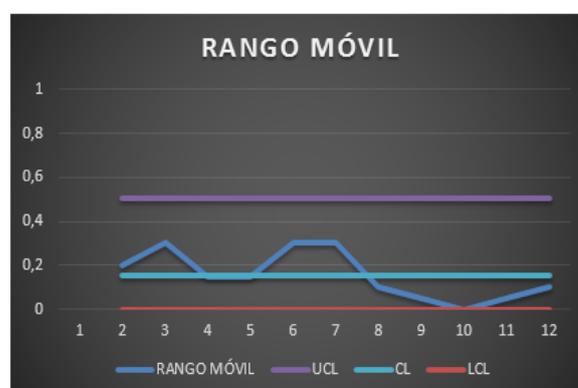
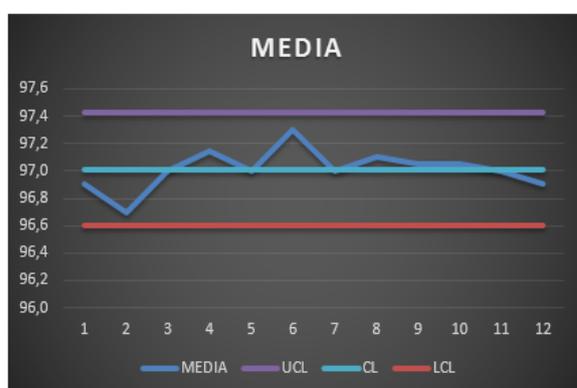


TUBO 97

D2	D3	D4
1,128	0,000	3,267

OBSERVACIÓN	
Muestra (Días)	MEDIA
1	96,9
2	96,7
3	97
4	97,15
5	97
6	97,3
7	97
8	97,1
9	97,05
10	97,05
11	97
12	96,9

CARTAS DE CONTROL PARA MEDIA			CARTAS DE CONTROL PARA MEDIA				
UCL	CL	LCL	RANGO MÓVIL	RANGO PROMEDIO	UCL	CL	LCL
97,4	97,0	96,6					
97,4	97,0	96,6	0,2	0,2	0,5049	0,2	0
97,4	97,0	96,6	0,3	0,2	0,5049	0,2	0
97,4	97,0	96,6	0,2	0,2	0,5049	0,2	0
97,4	97,0	96,6	0,2	0,2	0,5049	0,2	0
97,4	97,0	96,6	0,3	0,2	0,5049	0,2	0
97,4	97,0	96,6	0,3	0,2	0,5049	0,2	0
97,4	97,0	96,6	0,1	0,2	0,5049	0,2	0
97,4	97,0	96,6	0,0	0,2	0,5049	0,2	0
97,4	97,0	96,6	0,0	0,2	0,5049	0,2	0
97,4	97,0	96,6	0,0	0,2	0,5049	0,2	0
97,4	97,0	96,6	0,0	0,2	0,5049	0,2	0
97,4	97,0	96,6	0,1	0,2	0,5049	0,2	0

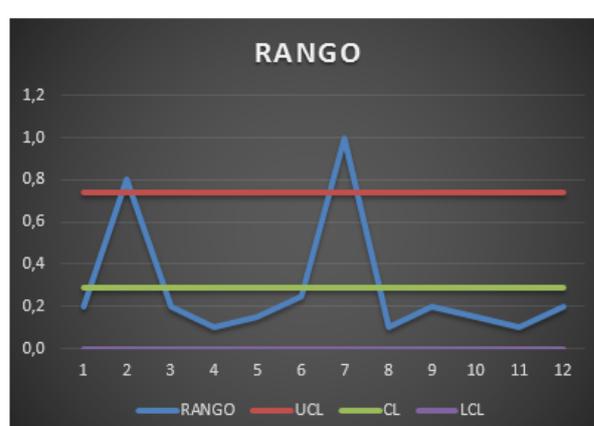
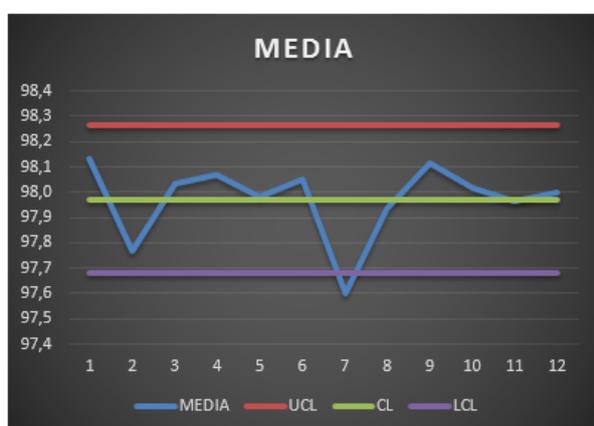


TUBO 98

A2	D3	D4
1,02	0	2,57

OBSERVACIONES			
Muestra (Días)	1	2	3
1	98,2	98,0	98,2
2	97,3	98,1	97,9
3	98,1	98,1	97,9
4	98,1	98,0	98,1
5	98,0	98,1	97,9
6	97,9	98,1	98,2
7	97,8	97,0	98,0
8	97,9	97,9	98,0
9	98,2	98,2	98,0
10	98,1	98,0	98,0
11	97,9	98,0	98,0
12	98,0	98,1	97,9

CARTAS DE CONTROL PARA MEDIA				CARTAS DE CONTROL PARA RANGO			
MEDIA	UCL	CL	LCL	RANGO	UCL	CL	LCL
98,1	98,27	97,97	97,68	0,2	0,74	0,3	0
97,8	98,27	97,97	97,68	0,8	0,74	0,3	0
98,0	98,27	97,97	97,68	0,2	0,74	0,3	0
98,1	98,27	97,97	97,68	0,1	0,74	0,3	0
98,0	98,27	97,97	97,68	0,1	0,74	0,3	0
98,1	98,27	97,97	97,68	0,3	0,74	0,3	0
97,6	98,27	97,97	97,68	1,0	0,74	0,3	0
97,9	98,27	97,97	97,68	0,1	0,74	0,3	0
98,1	98,27	97,97	97,68	0,2	0,74	0,3	0
98,0	98,27	97,97	97,68	0,1	0,74	0,3	0
98,0	98,27	97,97	97,68	0,1	0,74	0,3	0
98,0	98,27	97,97	97,68	0,2	0,74	0,3	0

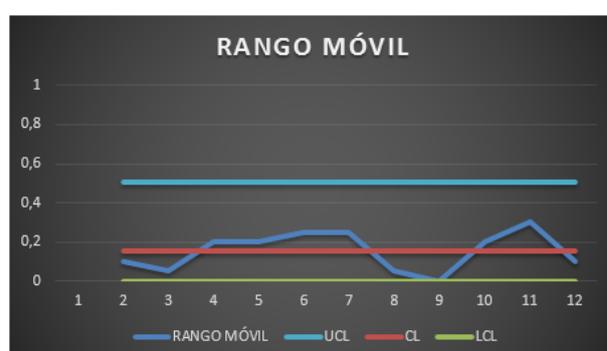
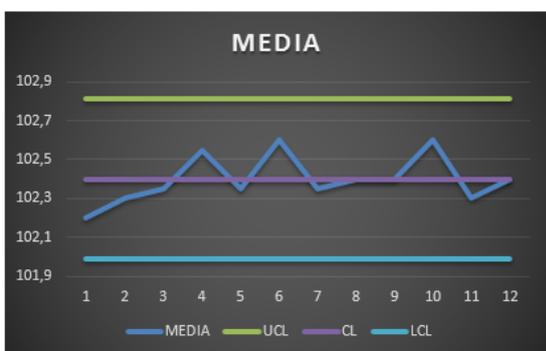


TUBO 102,5

d2	D3	D4
1,128	0,000	3,267

OBSERVACIÓN	
Muestra (Días)	MEDIA
1	102,2
2	102,3
3	102,35
4	102,55
5	102,35
6	102,6
7	102,35
8	102,4
9	102,4
10	102,6
11	102,3
12	102,4

CARTAS DE CONTROL PARA MEDIA			CARTAS DE CONTROL PARA MEDIA				
UCL	CL	LCL	RANGO MÓVIL	RANGO PROMEDIO	UCL	CL	LCL
102,8	102,4	102,0					
102,8	102,4	102,0	0,1	0,2	0,5049	0,2	0
102,8	102,4	102,0	0,05	0,2	0,5049	0,2	0
102,8	102,4	102,0	0,20	0,2	0,5049	0,2	0
102,8	102,4	102,0	0,2	0,2	0,5049	0,2	0
102,8	102,4	102,0	0,3	0,2	0,5049	0,2	0
102,8	102,4	102,0	0,3	0,2	0,5049	0,2	0
102,8	102,4	102,0	0,1	0,2	0,5049	0,2	0
102,8	102,4	102,0	0,0	0,2	0,5049	0,2	0
102,8	102,4	102,0	0,2	0,2	0,5049	0,2	0
102,8	102,4	102,0	0,3	0,2	0,5049	0,2	0
102,8	102,4	102,0	0,1	0,2	0,5049	0,2	0

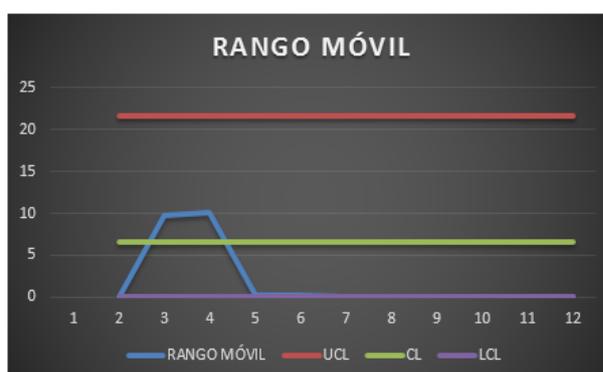
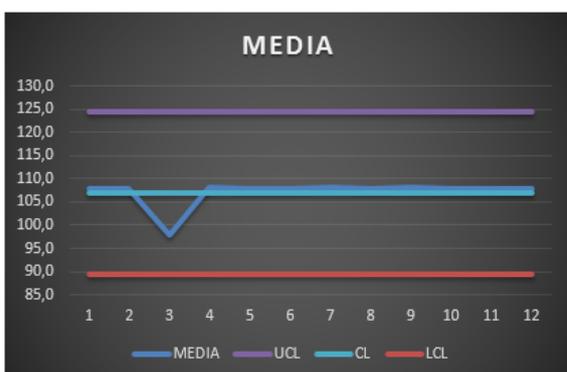


TUBO 108

d2	D3	D4
1,128	0,000	3,267

OBSERVACIÓN	
Muestra (Días)	MEDIA
1	107,8
2	107,8
3	98
4	108,1
5	107,85
6	108
7	108,1
8	108
9	108,1
10	108
11	108
12	108

CARTAS DE CONTROL PARA MEDIA			CARTAS DE CONTROL PARA MEDIA				
UCL	CL	LCL	RANGO MÓVIL	RANGO PROMEDIO	UCL	CL	LCL
124,6	107,0	89,3					
124,6	107,0	89,3	0,0	6,6	21,6711	6,6	0
124,6	107,0	89,3	9,80	6,6	21,6711	6,6	0
124,6	107,0	89,3	10,10	6,6	21,6711	6,6	0
124,6	107,0	89,3	0,3	6,6	21,6711	6,6	0
124,6	107,0	89,3	0,2	6,6	21,6711	6,6	0
124,6	107,0	89,3	0,1	6,6	21,6711	6,6	0
124,6	107,0	89,3	0,1	6,6	21,6711	6,6	0
124,6	107,0	89,3	0,1	6,6	21,6711	6,6	0
124,6	107,0	89,3	0,1	6,6	21,6711	6,6	0
124,6	107,0	89,3	0,0	6,6	21,6711	6,6	0
124,6	107,0	89,3	0,0	6,6	21,6711	6,6	0

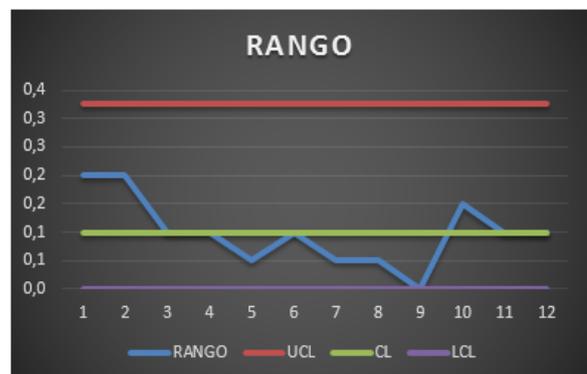
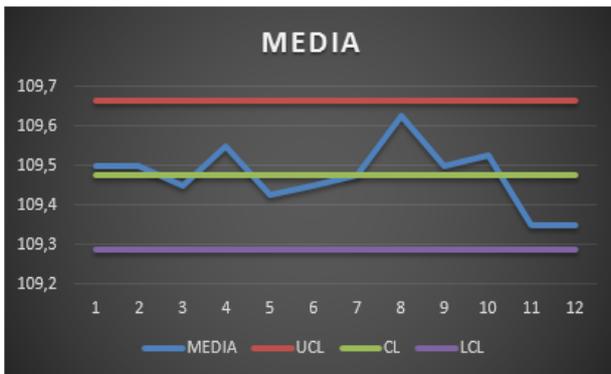


TUBO 109,5

A2	D3	D4
1,88	0	3,27

OBSERVACIONES		
Muestra (Días)	1	2
1	109,4	109,6
2	109,6	109,4
3	109,5	109,4
4	109,5	109,6
5	109,5	109,4
6	109,4	109,5
7	109,5	109,5
8	109,6	109,7
9	109,5	109,5
10	109,5	109,6
11	109,3	109,4
12	109,3	109,4

CARTAS DE CONTROL PARA MEDIA				CARTAS DE CONTROL PARA RANGO			
MEDIA	UCL	CL	LCL	RANGO	UCL	CL	LCL
109,5	109,66	109,48	109,29	0,2	0,33	0,1	0
109,5	109,66	109,48	109,29	0,2	0,33	0,1	0
109,5	109,66	109,48	109,29	0,1	0,33	0,1	0
109,6	109,66	109,48	109,29	0,1	0,33	0,1	0
109,4	109,66	109,48	109,29	0,0	0,33	0,1	0
109,5	109,66	109,48	109,29	0,1	0,33	0,1	0
109,5	109,66	109,48	109,29	0,0	0,33	0,1	0
109,6	109,66	109,48	109,29	0,1	0,33	0,1	0
109,5	109,66	109,48	109,29	0,0	0,33	0,1	0
109,5	109,66	109,48	109,29	0,1	0,33	0,1	0
109,4	109,66	109,48	109,29	0,1	0,33	0,1	0
109,4	109,66	109,48	109,29	0,1	0,33	0,1	0

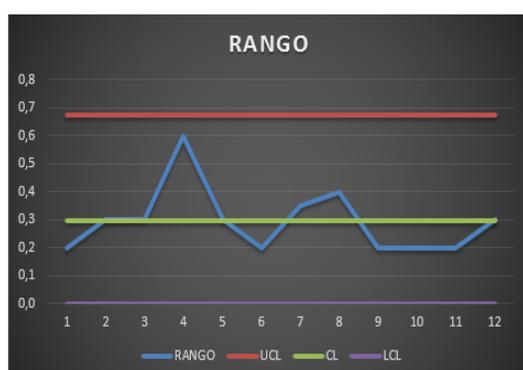
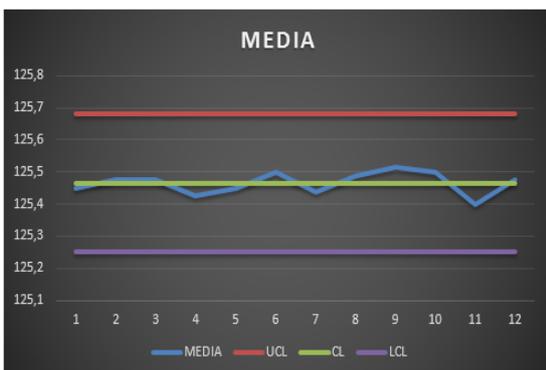


TUBO 125,5

A2	D3	D4
0,73	0	2,28

OBSERVACIONES				
Muestra (Días)	1	2	3	4
1	125,4	125,4	125,6	125,4
2	125,6	125,3	125,5	125,5
3	125,6	125,4	125,6	125,3
4	125,6	125,6	125,0	125,5
5	125,4	125,6	125,3	125,5
6	125,5	125,4	125,5	125,6
7	125,4	125,5	125,6	125,3
8	125,3	125,5	125,5	125,7
9	125,7	125,5	125,5	125,5
10	125,4	125,5	125,6	125,6
11	125,3	125,5	125,3	125,5
12	125,5	125,3	125,5	125,6

CARTAS DE CONTROL PARA MEDIA				CARTAS DE CONTROL PARA RANGO			
MEDIA	UCL	CL	LCL	RANGO	UCL	CL	LCL
125,5	125,68	125,47	125,25	0,2	0,67	0,3	0
125,5	125,68	125,47	125,25	0,3	0,67	0,3	0
125,5	125,68	125,47	125,25	0,3	0,67	0,3	0
125,4	125,68	125,47	125,25	0,6	0,67	0,3	0
125,5	125,68	125,47	125,25	0,3	0,67	0,3	0
125,5	125,68	125,47	125,25	0,2	0,67	0,3	0
125,4	125,68	125,47	125,25	0,3	0,67	0,3	0
125,5	125,68	125,47	125,25	0,4	0,67	0,3	0
125,5	125,68	125,47	125,25	0,2	0,67	0,3	0
125,5	125,68	125,47	125,25	0,2	0,67	0,3	0
125,4	125,68	125,47	125,25	0,2	0,67	0,3	0
125,5	125,68	125,47	125,25	0,3	0,67	0,3	0

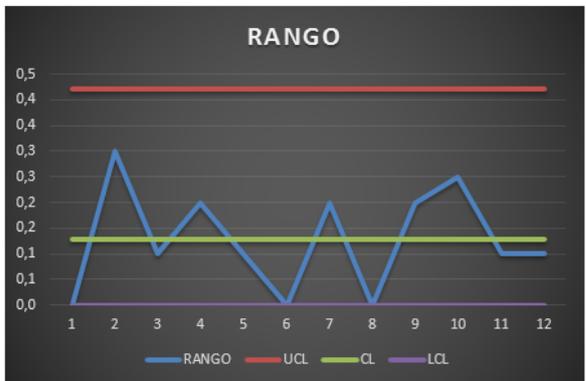
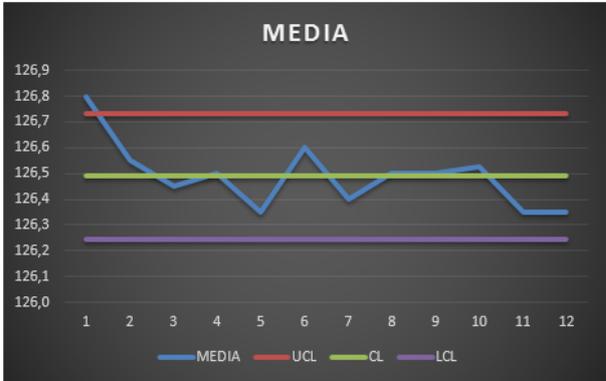


TUBO 126,5

A2	D3	D4
1,88	0	3,27

OBSERVACIONES		
Muestra (Días)	1	2
1	126,8	126,8
2	126,4	126,7
3	126,5	126,4
4	126,6	126,4
5	126,3	126,4
6	126,6	126,6
7	126,3	126,5
8	126,5	126,5
9	126,4	126,6
10	126,4	126,7
11	126,4	126,3
12	126,3	126,4

CARTAS DE CONTROL PARA MEDIA				CARTAS DE CONTROL PARA RANGO			
MEDIA	UCL	CL	LCL	RANGO	UCL	CL	LCL
126,8	126,73	126,49	126,25	0,0	0,42	0,1	0
126,6	126,73	126,49	126,25	0,3	0,42	0,1	0
126,5	126,73	126,49	126,25	0,1	0,42	0,1	0
126,5	126,73	126,49	126,25	0,2	0,42	0,1	0
126,4	126,73	126,49	126,25	0,1	0,42	0,1	0
126,6	126,73	126,49	126,25	0,0	0,42	0,1	0
126,4	126,73	126,49	126,25	0,2	0,42	0,1	0
126,5	126,73	126,49	126,25	0,0	0,42	0,1	0
126,5	126,73	126,49	126,25	0,2	0,42	0,1	0
126,5	126,73	126,49	126,25	0,3	0,42	0,1	0
126,4	126,73	126,49	126,25	0,1	0,42	0,1	0
126,4	126,73	126,49	126,25	0,1	0,42	0,1	0

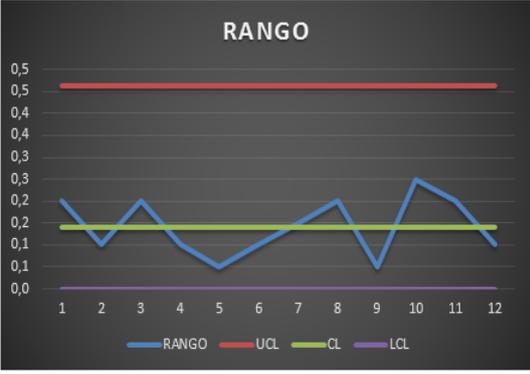
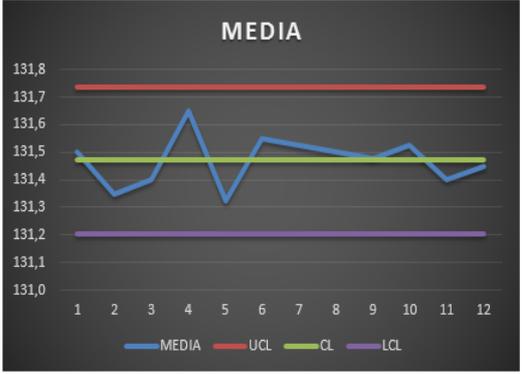


TUBO 131,5

A2	D3	D4
1,88	0	3,27

OBSERVACIONES		
Muestra (Días)	1	2
1	131,4	131,6
2	131,3	131,4
3	131,3	131,5
4	131,6	131,7
5	131,4	131,3
6	131,6	131,5
7	131,5	131,6
8	131,6	131,4
9	131,5	131,5
10	131,4	131,7
11	131,3	131,5
12	131,4	131,5

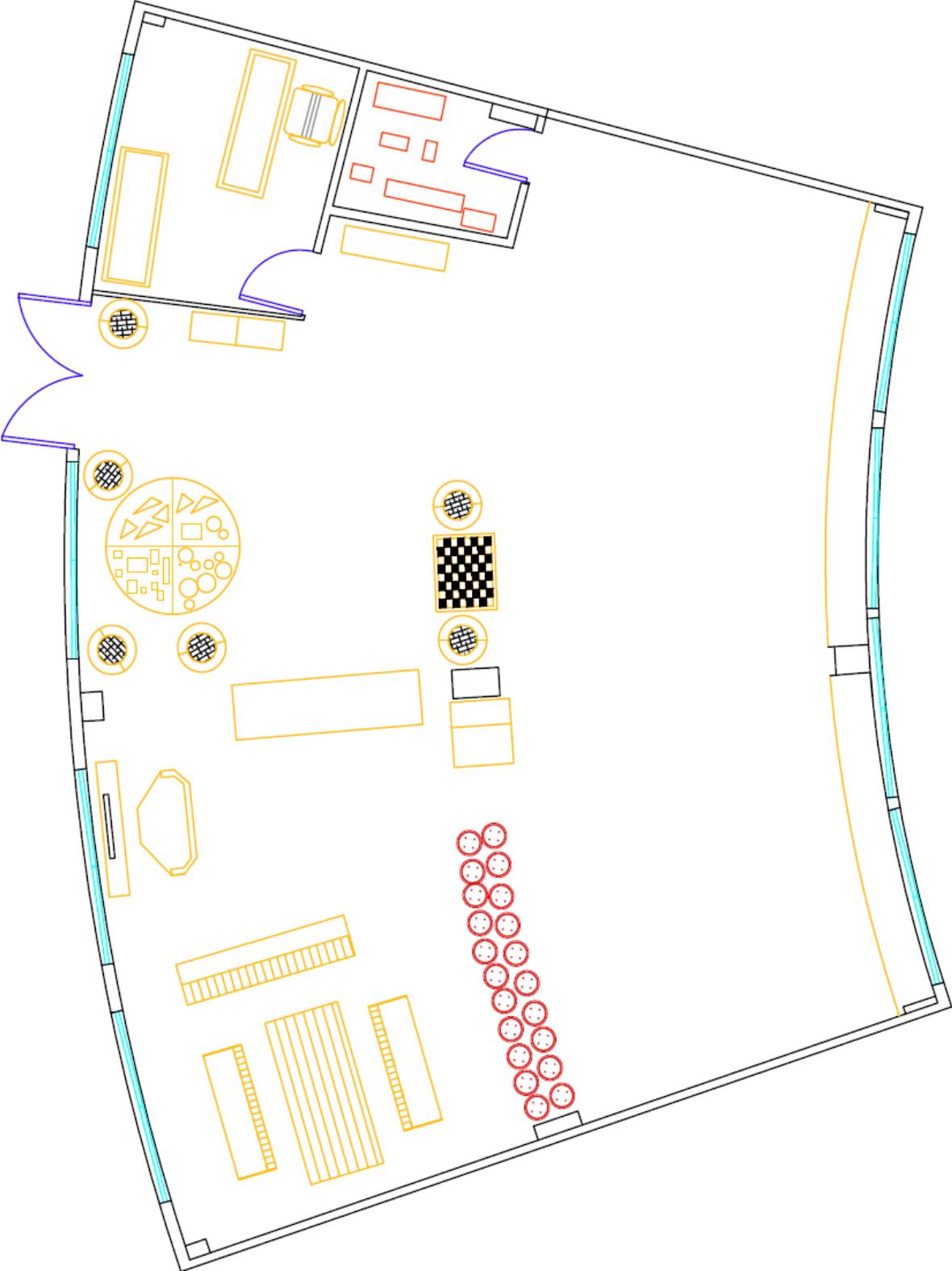
CARTAS DE CONTROL PARA MEDIA				CARTAS DE CONTROL PARA RANGO			
MEDIA	UCL	CL	LCL	RANGO	UCL	CL	LCL
131,5	131,74	131,47	131,20	0,2	0,46	0,1	0
131,4	131,74	131,47	131,20	0,1	0,46	0,1	0
131,4	131,74	131,47	131,20	0,2	0,46	0,1	0
131,7	131,74	131,47	131,20	0,1	0,46	0,1	0
131,3	131,74	131,47	131,20	0,0	0,46	0,1	0
131,6	131,74	131,47	131,20	0,1	0,46	0,1	0
131,5	131,74	131,47	131,20	0,2	0,46	0,1	0
131,5	131,74	131,47	131,20	0,2	0,46	0,1	0
131,5	131,74	131,47	131,20	0,1	0,46	0,1	0
131,5	131,74	131,47	131,20	0,3	0,46	0,1	0
131,4	131,74	131,47	131,20	0,2	0,46	0,1	0
131,5	131,74	131,47	131,20	0,1	0,46	0,1	0



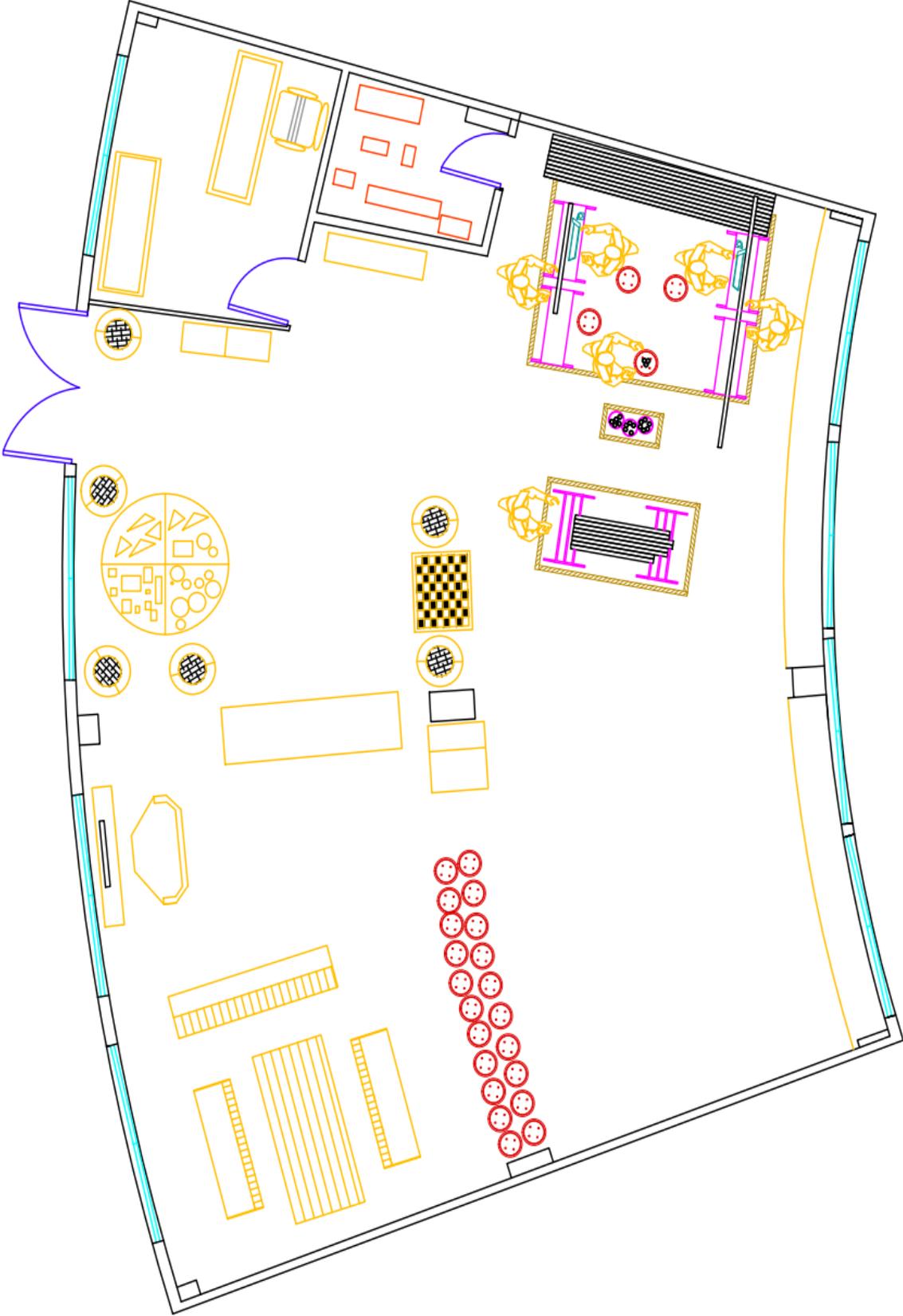
Apéndice 8

Diseño de Planos y componentes de la línea de Producción de Refugios de PVC

Club de Diseño y Publicidad UGA, facultad de EDCOM, sin línea de Producción:



Club de Diseño y Publicidad UGA, facultad de EDCOM, con línea de Producción:



Componentes de la línea de Producción:

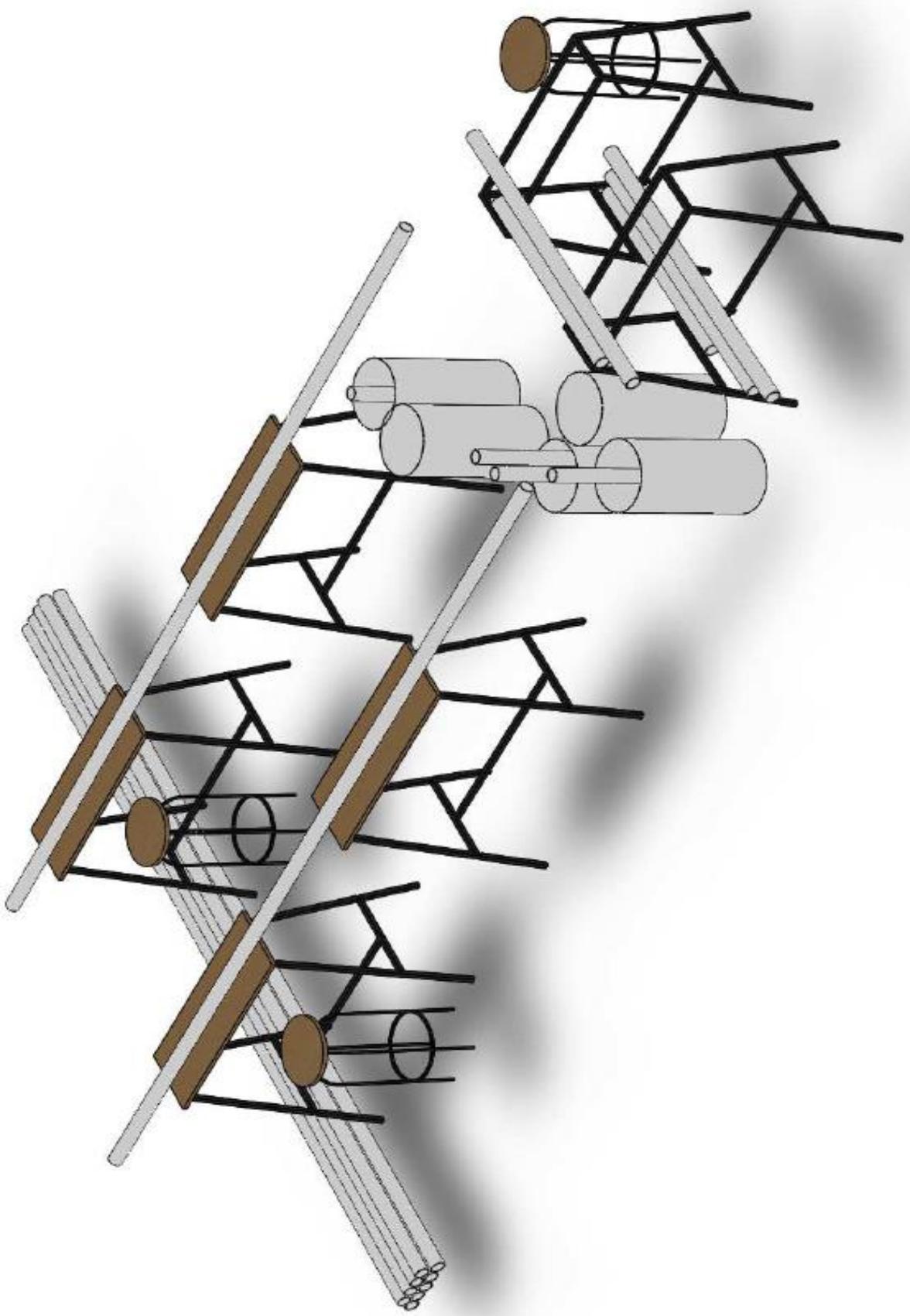
Mesa de trabajo de línea de Producción de Refugios de PVC:



Silla de Trabajo de línea de Producción de Refugios de PVC:



Línea de Producción de Refugios de PVC diseño en 3D:



Apéndice 11

Estudio de Tiempos de las líneas de Producción:

Tabla General de Estudios de Tiempos Prueba Piloto Refugios PVC:

T	Estación 1		Estación 2		Estación de Agrupación		Estación de Embalaje			
	Etapas de Preparación	Etapas de Corte	Etapas de Preparación	Etapas de Corte	Preparación de Tubos (Recortar, medir y limpiar)	Agrupación Según Medida	Posicionar	Encintar	Embalar	Tiempo Total (seg)
T1	53	40	80,83	36,13	28,2	36,9	216,58	36,19	167,43	422
T2	63	40	98,47	44,3	31,3	23,3	148,05	52,82	150,54	351
T3	51	40	80,19	35,14	41,2	32,2	129,71	111,07	132,48	373
T4	40	46	69,75	36,71	38,3	48,5	134,51	79,21	143,32	357
T5	64	42	100,27	32,53	41,4	31,04	254,90	73,80	158,50	487
T6	50	45	84,69	30,43	54,2	44,9	214,10	57,30	97,30	369
T7	52	42	70,36	33,03	50,9	37,8	277,42	60,06	160,33	488
T8	63	36	65,09	25,23	39,7	44,7	239,66	70,20	157,48	467
T9	65	26	90,49	36,33	42,6	39,2	194,51	112,30	162,29	489
T10	58	30	95	33,44	27,8	29,9	215,10	105,67	180,41	501
T11	43	44	66,35	40,99	32,3	37,2	216,75	109,26	169,02	495
T12	36	45	75,39	26,13	39,8	24,2	209,41	83,53	183,41	476
T13	43	38	81,57	22,08	27,3	33,5	181,36	91,24	166,65	439
T14	43	42	73,51	30,15	34,1	31,2	192,18	119,03	127,99	438
T15	30	39	70,2	39,75	32,6	25	244,79	50,57	191,97	487
T16	35	41	94,41	51,3	22,4	30,6	162,31	82,78	183,68	429
T17	31	38	71,66	46,83	37,4	45	242,17	37,68	96,75	377
T18	32	44	77,7	35,56	35,5	47,3	150,57	71,60	190,63	413
T19	50	40	25,05	89,03	59,6	38,9	197,90	63,37	160,04	421
T20	53	41	77,18	34,41	47,8	23,3	253,87	66,19	147,06	467
T21	30	36	63,98	25,05	31,4	32,2	231,05	36,11	112,43	440
T22	53	32	77,18	34,41	42,3	37,8	180,22	44,99	101,40	327
T23	60	30	62,29	19,99	58,1	44,7	214,68	69,34	181,97	466
T24	59	45	72,42	28,99	48,7	39,2	288,66	93,65	179,36	562
T25	33	33	75,33	32,68	57,6	33,5	194,29	100,35	159,16	454
T26	28	31	83,45	39,73	61,5	31,2	212,96	114,23	121,18	448
T27	25	30	55,92	35,04	61,5	25	164,29	108,89	97,72	371
T28	30	31	70,35	33,31	64,3	22,7	173,81	61,99	165,97	402
T29	30	30	59,14	41,56	52,4	38,4	213,29	82,01	116,38	474
T30	32	43	54,77	30,23	22,4	25,8	260,07	103,67	154,17	518
Promedio	44,53	38,13	76,75	33,88	41,35	34,57	210,97	78,37	150,81	439,35
Desviaci	13,12	5,60	12,38	7,13	11,94	7,76	45,05	25,33	29,41	59,46
Ntotal	n°= 52	n°= 52	NPreparación: n°= 44	Nde Corte: n°= 74	Ntotal: n°= 59	n°= 59	Ntotal: n°= 31	n°= 31	n°= 31	n°= 31



Estudios de Tiempo

Nombre Proceso: Elaboración de Refugios de PVC

Materia Prima: Tubos de PVC



Tabla General de Estudios de Tiempos Acorde a n Refugios de PVC:

Estación de Corte			Estación de Lorte			Estación de Agregación			Estación de Embalaje					
Estación 1		Etapa de Corte	Estación 2		Etapa de Preparación	Estación Única		Preparación de Tubos (Receptor, mediar y lomar)	Estación Única		Posicionar	Encintar	Embalajar	Tempo Total (seg)
T1	45	33	78	80.83	36.13	117	28.2	38.9	67	216.58	38.19	167.43	422	
T2	41	35	76	96.47	44.3	142.8	31.3	23.3	55	148.05	52.82	150.54	351	
T3	56	48	104	80.19	35.14	115.3	41.2	32.2	73	129.71	111.07	132.48	373	
T4	53	40	93	69.75	36.71	106.5	38.3	46.5	87	134.51	79.21	143.32	357	
T5	52	47	99	100.27	32.53	132.8	41.4	31.04	72	254.90	73.80	158.50	487	
T6	31	45	76	84.69	30.43	115.1	54.2	44.9	99	214.10	57.30	97.30	369	
T7	30	41	71	70.96	33.03	104	50.9	37.8	89	277.42	60.06	160.33	498	
T8	49	45	94	65.09	25.23	90.32	39.7	44.7	84	239.66	70.20	157.48	467	
T9	30	45	75	90.49	36.33	126.8	42.6	39.2	82	194.51	112.30	162.29	469	
T10	47	39	86	95	33.44	128.4	27.8	29.9	58	215.10	105.67	180.41	501	
T11	45	37	82	66.35	40.99	107.3	32.3	37.2	70	216.75	109.26	169.02	495	
T12	60	39	99	75.39	26.13	101.5	39.8	24.2	64	209.41	83.53	183.41	476	
T13	41	44	85	81.57	22.08	103.7	27.3	33.5	61	181.36	91.24	166.65	439	
T14	34	43	77	73.51	30.15	103.7	34.1	31.2	65	192.18	119.03	127.19	438	
T15	42	43	85	70.2	39.75	110	32.6	25	58	244.79	50.57	191.97	487	
T16	45	42	87	94.41	51.3	145.7	22.4	30.6	53	162.31	82.78	183.68	429	
T17	53	47	100	71.66	46.83	118.5	37.4	45	82	242.17	37.68	96.75	377	
T18	40	33	73	77.7	35.56	113.3	35.5	47.3	83	150.57	71.60	190.63	413	
T19	39	34	73	63.98	25.05	89.03	59.6	38.9	99	197.90	63.37	160.04	421	
T20	37	31	68	77.18	34.41	111.6	47.8	23.3	71	253.87	66.19	147.06	467	
T21	43	46	89	63.98	25.05	89.03	31.4	32.2	64	231.05	36.11	112.43	440	
T22	60	39	99	77.18	34.41	111.6	42.3	37.8	80	214.68	69.34	181.97	466	
T23	46	32	78	62.29	19.98	82.28	58.1	44.7	103	180.22	44.99	101.40	327	
T24	53	40	93	72.42	28.99	101.4	48.7	39.2	88	288.66	93.65	179.36	562	
T25	63	40	103	75.33	32.68	108	57.6	33.5	91	194.29	100.35	159.16	454	
T26	51	40	91	83.45	39.73	123.2	31.4	31.2	63	212.96	114.23	121.18	448	
T27	40	46	86	55.92	35.04	90.96	61.5	25	87	164.29	108.89	97.72	371	
T28	64	42	106	70.35	33.31	103.7	64.3	22.7	87	173.81	61.99	165.97	402	
T29	50	45	95	99.14	41.56	140.7	52.4	36.4	91	273.29	82.01	118.38	474	
T30	52	42	94	54.77	30.23	85	22.4	25.8	48	260.07	103.67	154.17	518	
T31	63	36	99	78.14	37.3	115.4	46.04	24.51	71	249.62	54.35	149.5	453	
T32	25	30	55		31		24.84	44.2	69					
T33	32	43	75		32.24		38.23	41.01	79					
T34					41.52		40.85	34.83	76					
T35					30.22		34.68	27.75	62					
T36					40.63		39.33	40.85	80					
T37					31.83		29.42	39.96	69					
T38					28.9		41.38	26.39	68					
T39					42.54		34.42	41.44	76					
T40					35.71									
Promedio	44.43	39.09	83.53	76.85	33.71	110.55	38.54	34.96	73.49	212.22	77.60	150.57	440.39	
Desviaci	11.34	5.54	12.62	11.44	6.07	12.95	10.73	7.35	13.00	44.84	25.27	28.91	59.03	

Tabla General de Estudios de Tiempos - Tiempo Estándar Refugios de PVC:

Holgura		Factor de Nivelación	
14,50%	1,08	18,51%	1,14
Factor de Nivelación para operador 1 - Preparación		Factor de Nivelación para operador 2 - Corte	
18,51%	1,11	18,51%	1,14

Estación 1		Estación 2		Estación 2	
Etapa de Preparación	39,09	Etapa de Corte	38,42	Etapa de Corte	146,63
Etapa de Corte	103,29				
Tiempo Total (seg)	142,38	Tiempo Total (seg)	76,84	Tiempo Total (seg)	293,51

Estación 1		Estación 2		Estación 2	
Distribución Est. 1	Normal	Distribución Est. 2	Normal	Distribución Est. 2	Normal
Media Est. 1	83,53	Media Est. 2	113,1	Media Est. 2	113,1
Desviación Estándar Est. 1	12,99	Desviación Estándar Est. 2	18,27	Desviación Estándar Est. 2	18,27
CV Est. 1	0,156	CV Est. 2	0,162	CV Est. 2	0,162
Utilización (Simu) Est. 1	99,97	Utilización (Simu) Est.2	99,97	Utilización (Simu) Est.2	99,97

Estación de Agrupación		Estación de Embalaje	
Preparación de Tubos (Receptor, medir y lamar)	38,54	Posicionar	212,22
Agrupación Según Medida	34,96	Encintar	77,60
		Embalar	150,57
Tiempo Total (seg)	73,50	Tiempo Total (seg)	440,39

Estación única		Estación única	
Distribución	Normal	Distribución	Normal
Media	73,33	Media	440,4
Desviación Estándar	12,38	Desviación Estándar	54,85
CV	0,169	CV	0,125
Utilización (Simu)	6,94	Utilización (Simu)	67,54

Apéndice 12

Análisis Ergonómico Línea de Producción de Refugios de PVC:

Valoración a la carga postural de las partes del cuerpo del grupo A:

<p>TRONCO</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Movimiento</th> <th>Puntuación</th> <th>Corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Erguido</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0°-20° flexión 0°-20° extensión</td> <td>2</td> <td>Añadir</td> </tr> <tr> <td>20°-60° flexión > 20° extensión</td> <td>3</td> <td>+1 si hay torsión o inclinación lateral</td> </tr> <tr> <td>> 60° flexión</td> <td>4</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Movimiento	Puntuación	Corrección	Erguido	1		0°-20° flexión 0°-20° extensión	2	Añadir	20°-60° flexión > 20° extensión	3	+1 si hay torsión o inclinación lateral	> 60° flexión	4		
Movimiento	Puntuación	Corrección														
Erguido	1															
0°-20° flexión 0°-20° extensión	2	Añadir														
20°-60° flexión > 20° extensión	3	+1 si hay torsión o inclinación lateral														
> 60° flexión	4															
<p>CUELLO</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Movimiento</th> <th>Puntuación</th> <th>Corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0°-20° flexión</td> <td>1</td> <td>Añadir</td> </tr> <tr> <td>20° flexión o extensión</td> <td>2</td> <td>+1 si hay torsión o inclinación lateral</td> </tr> </tbody> </table>	Movimiento	Puntuación	Corrección	0°-20° flexión	1	Añadir	20° flexión o extensión	2	+1 si hay torsión o inclinación lateral							
Movimiento	Puntuación	Corrección														
0°-20° flexión	1	Añadir														
20° flexión o extensión	2	+1 si hay torsión o inclinación lateral														
<p>PIERNAS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Posición</th> <th>Puntuación</th> <th>Corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Soporte bilateral, andando o sentado</td> <td>1</td> <td>Añadir + 1 si hay flexión de rodillas entre 30 y 60°</td> </tr> <tr> <td>Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable</td> <td>2</td> <td>+ 2 si las rodillas están flexionadas más de 60° (salvo postura sedente)</td> </tr> </tbody> </table>	Posición	Puntuación	Corrección	Soporte bilateral, andando o sentado	1	Añadir + 1 si hay flexión de rodillas entre 30 y 60°	Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2	+ 2 si las rodillas están flexionadas más de 60° (salvo postura sedente)							
Posición	Puntuación	Corrección														
Soporte bilateral, andando o sentado	1	Añadir + 1 si hay flexión de rodillas entre 30 y 60°														
Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2	+ 2 si las rodillas están flexionadas más de 60° (salvo postura sedente)														

Valoración a la carga postural de las partes del cuerpo del grupo B:

BRAZOS		
Posición	Puntuación	Corrección
0°-20° flexión/extensión	1	Añadir
> 20° extensión 21°-45° flexión	2	+ 1 si hay abducción o rotación
46°-90° flexión	3	+ 1 elevación del hombro
> 90° flexión	4	- 1 si hay apoyo o postura a favor de la gravedad

ANTEBRAZOS	
Movimiento	Puntuación
60°-100° flexión	1
< 60° flexión > 100° flexión	2

MUÑECAS		
Movimiento	Puntuación	Corrección
0°-15° flexión/ extensión	1	Añadir
> 15° flexión/ extensión	2	+ 1 si hay torsión o desviación lateral

Combinación de Posibles Posturas para Grupo A:

TABLA A		Cuello											
		1				2				3			
Piernas		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Tronco	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Combinación de Posibles Posturas para Grupo A:

TABLA B		Antebrazo					
		1			2		
Muñeca		1	2	3	1	2	3
Brazo	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Puntuación C que combina los resultados del grupo A y B:

Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Actividad

- +1: Una o más partes del cuerpo estáticas, por ej. aguantadas más de 1 min.
- +1: Movimientos repetitivos, por ej. repetición superior a 4 veces/minuto.
- +1: Cambios posturales importantes o posturas inestables.

Niveles de Riesgo y Acción:

Nivel de acción	Puntuación	Nivel de riesgo	Intervención y posterior análisis
0	1	Inapreciable	No necesario
1	2-3	Bajo	Puede ser necesario
2	4-7	Medio	Necesario
3	8-10	Alto	Necesario pronto
4	11-15	Muy alto	Actuación inmediata

Resultados obtenidos: Operador de cortado

Resultados de Evaluación Ergonómica del Operador de Cortado:

Valoración en grupo A	
Tronco	2
Cuello	1
Piernas	1
Puntuación de tabla A	2
Valoración en grupo B	
Brazos	2
Antebrazos	1
Muñecas	2
Puntuación de tabla B	2
Puntuación de tabla C	
Adicionales por actividad	+2
Puntuación Final	4

Resultados obtenidos: Operador de armado

Resultados de Evaluación Ergonómica del Operador de Armado:

Valoración en grupo A	
Tronco	1
Cuello	2
Piernas	1
Puntuación de tabla A	1
Valoración en grupo B	
Brazos	1
Antebrazos	2
Muñecas	3
Puntuación de tabla B	3
Puntuación de tabla C	
Adicionales por actividad	+2
Puntuación Final	3

Resultados obtenidos: Operador de embalado

Resultados de Evaluación Ergonómica del Operador de Embalado:

Valoración en grupo A	
Tronco	1
Cuello	2
Piernas	1
Puntuación de tabla A	1
Valoración en grupo B	
Brazos	3
Antebrazos	1
Muñecas	1
Puntuación de tabla B	3
Puntuación de tabla C	
	1
Adicionales por actividad	+1
Puntuación Final	2

Apéndice 13

Matriz de Legislación en Seguridad y Salud en el Trabajo:

Producción de Refugios con tubos PVC		Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente del Trabajo - Decreto 2393	
Requisito Legal	Capítulo - Artículo	Descripción de Acciones para cumplir la legislación	
Art. 11.- OBLIGACIONES DE LOS EMPLEADORES.	2. Adoptar las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y al bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de procedimiento para que el trabajo sea estandarizado; y realizado de manera adecuada y segura. - Realización de matriz de riesgos asociados a las actividades y ambiente. 	
	3. Mantener en buen estado de servicio las instalaciones, máquinas, herramientas y materiales para un trabajo seguro.	<ul style="list-style-type: none"> - En cada finalización de turno, las herramientas son guardadas limpias y cerca del área de trabajo. 	
Art. 22.- SUPERFICIE Y CUBICACIÓN EN LOS LOCALES Y PUESTOS DE TRABAJO.	1. Los locales de trabajo reunirán las siguientes condiciones mínimas: a) Los locales de trabajo tendrán tres metros de altura del piso al techo como mínimo.	<ul style="list-style-type: none"> - La distribución de las estaciones cuentan con suficiente espacio para que el trabajador se pueda mover alrededor de su sitio de trabajo. 	
	2. Los puestos de trabajo en dichos locales tendrán: a) Dos metros cuadrados de superficie por cada trabajador; y, b) Seis metros cúbicos de volumen para cada trabajador	<ul style="list-style-type: none"> - El espacio cumple con las disposiciones de altura. 	
Art. 53. CONDICIONES GENERALES AMBIENTALES: VENTILACIÓN, TEMPERATURA Y HUMEDAD.	1. En los locales de trabajo y sus anexos se procurará mantener, por medios naturales o artificiales, condiciones atmosféricas que aseguren un ambiente cómodo y saludable para los trabajadores.	<ul style="list-style-type: none"> - El lugar de trabajo, es amplio, ventilado y con suficiente iluminación, además libre de ruido o condiciones ambientales que pueda afectar la concentración de los trabajadores. 	

<p>HERRAMIENTAS MANUALES</p> <p>Art. 95. NORMAS GENERALES Y UTILIZACIÓN.</p>	<p>1. Las herramientas de mano estarán construidas con materiales resistentes, serán las más apropiadas por sus características y tamaño para la operación a realizar, y no tendrán defectos ni desgastes que dificulten su correcta utilización.</p>	<p>- Las herramientas de trabajo a utilizar tienen poco tiempo de uso y se realizan revisiones de la herramienta principal (sierra) antes de iniciar el turno de trabajo.</p>
<p>Art. 129. ALMACENAMIENTO DE MATERIALES.</p>	<p>1. Los materiales serán almacenados de forma que no se interfiera con el funcionamiento adecuado de las máquinas u otros equipos, el paso libre en los pasillos y lugares de tránsito y el funcionamiento eficiente de los equipos contra incendios y la accesibilidad a los mismos.</p>	<p>- Los tubos PVC son almacenados en LEMAT, para no interferir en el área de trabajo.</p> <p>- La materia prima dentro del taller es ubicada de manera tal que no interfiera en las actividades operativas de corte, agrupado y ensamble.</p>
<p>PROTECCIÓN PERSONAL</p> <p>Art. 175. DISPOSICIONES GENERALES.</p>	<p>4. El empleador estará obligado a: a) Suministrar a sus trabajadores los medios de uso obligatorios para protegerles de los riesgos profesionales inherentes al trabajo que desempeñan.</p>	<p>- Se realizó la adquisición de equipos de protección personal:</p> <p>a) Guantes por el riesgo de existir heridas sobre el trabajador en la actividad de corte.</p> <p>b) Mascarillas por las partículas de PVC durante la actividad de limado.</p>
<p>Art. 178. PROTECCIÓN DE CARA Y OJOS.</p>	<p>2. Los medios de protección de cara y ojos, serán seleccionados principalmente en función de los siguientes riesgos: a) Impacto con partículas o cuerpos sólidos. b) Acción de polvos y humos</p>	
<p>Art. 181. PROTECCIÓN DE LAS EXTREMIDADES SUPERIORES.</p>	<p>1. La protección de las extremidades superiores se realizará, principalmente, por medio de dedales, guantes, mitones, manoplas y mangas seleccionadas de distintos materiales, para los trabajos que impliquen, entre otros los siguientes riesgos:</p> <p>c) Cortes, pinchazos o quemaduras.</p>	

