



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**Control y visualización de los Procesos de Producción: Propuesta de  
mejoramiento de la disposición de la planta y optimización de la  
asignación de los operadores en la línea de producción de la empresa**

**DIMALVID**

**Victoria Estefanía Rivadeneira Sandoval**

**Cristina Camacho, M. Sc., Directora de Tesis**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniera

Industrial

Quito, mayo de 2014

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Control y visualización de los Procesos de Producción: Propuesta de  
mejoramiento de la disposición de la planta y optimización de la  
asignación de los operadores en la línea de producción de la empresa**

**DIMALVID**

**Victoria Estefanía Rivadeneira Sandoval**

Cristina Camacho, MSc.  
Directora de Tesis

.....

Carlos Suárez, Ph.D.  
Miembro del Comité de Tesis

.....

Diego Cuilapa, MSc.  
Miembro del Comité de Tesis

.....

Ximena Córdova, Ph.D.  
Decana de la Escuela de Ingeniería,  
Colegio de Ciencias e Ingeniería  
Miembro del Comité de Tesis

.....

Quito, mayo de 2014

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

-----

Nombre: VICTORIA ESTEFANIA RIVADENEIRA SANDOVAL

C.I.: 1716118870

Fecha: Quito, mayo de 2014

## **DEDICATORIA**

A mi familia, en especial a mis abuelos, June y Oswaldo por su infinito amor y dedicación. Gracias.

A mi esposo e hijo, Beto y Luis, por demostrar que el amor todo lo puede.

## **AGREDECIMIENTOS.**

A mi madre, Amalia, por su sacrificio y apoyo.

A mis profesores, Patricio Cisneros, Héctor Vergara, Daniel Merchán y Verónica León; por entregarlo todo en cada una de sus clases y ser la fuente de mi inspiración académica.

## RESUMEN

El rediseño de las instalaciones de una planta, es un tema importante dentro de la producción ya que permite la visualización y control de los procesos que la conforman. Es indispensable identificar cada una de las operaciones y sus requerimientos para definir las métricas principales y evaluar la situación actual. Para mejorar la eficiencia de la distribución presente, se plantearon tres algoritmos; para escoger el de mayor eficiencia según las necesidades de las operaciones dentro de la planta de producción. Una vez identificada la mejor distribución posible, de las estaciones de trabajo, se analiza la capacidad de cada una de las operaciones para balancear el número de operarios necesarios en cada una de estas, de acuerdo con el tiempo estándar obtenido. La propuesta de mejoramiento, se evalúa a través de la simulación por computadora y se logra aumentar el número de entidades salientes en un 300%.

**Palabras Clave:** rediseño, simulación, algoritmos, eficiencia, balanceo.

## ABSTRACT

The redesign of the plant facilities, is an important issue in the production area which allows the visualization and control of the processes. It is essential to identify each of the operations and requirements to define key metrics and evaluate the current situation. To improve the efficiency of this distribution, three algorithms are raised; to choose the more efficient according to the needs of the operations within the plant. Having identified the best possible distribution of workstations, next step is to analyze the ability of each of the operations, in order to balance the number of workers required in each of these, according to the standard time obtained. The proposed improvement is evaluated through a computer simulation where, the system achieved and increases the number of entities out by 300%.

**Keywords:** design, simulation, algorithms, efficiency, balancing.



## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	7
<b>ABSTRACT</b> .....	8
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	18
1.1. Introducción. ....	18
1.2. Descripción de la Empresa.....	19
1.3. Justificación e Importancia.....	19
1.4. Objetivo General .....	20
1.5. Objetivos Específicos.....	20
1.6. Metodología. ....	21
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN LITERARIA</b> .....	23
2.1. Marco Teórico.....	23
2.1.1. Análisis de Procesos.....	23
2.1.1.1. Diagramas de Flujo .....	23
2.1.1.2. Análisis de Valor de Procesos.....	24
2.1.1.3. Cadena de Valor.....	24
2.1.1.3.1. Macro Procesos Gobernantes.....	25
2.1.1.3.2. Macro Procesos Productivos.....	25
2.1.1.3.3. Macro Procesos Habilitantes.....	25
2.1.2. Herramientas de Calidad .....	25
2.1.2.1. Diagrama de Causa y Efecto.....	25
2.1.2.2. Análisis de Pareto.....	26
2.1.3. Tipos de Sistemas de Producción.....	27
2.1.3.1. Producción de Taller. ....	27
2.1.3.2. Producción por Lotes. ....	28
2.1.3.3. Producción Masiva.....	28
2.1.3.4. Sistemas Pull y Push. ....	28
2.1.3.5. Tecnología de Grupos. ....	28
2.1.4. Flujo de Materiales.....	29
2.1.4.1. Patrones de Flujo.....	29
2.1.4.1.1. Flujo dentro de las estaciones de trabajo.....	29

2.1.4.1.2.	Flujo dentro de los departamentos.....	29
2.1.4.2.	Planificación del Flujo .....	30
2.1.4.3.	Medición del Flujo .....	31
2.1.4.4.	Relaciones de las Actividades.....	31
2.1.4.4.1.	Medición cuantitativa el flujo.....	31
2.1.4.4.2.	Medición cualitativa del flujo.....	32
2.1.5.	Manejo de Materiales .....	33
2.1.6.	Procedimientos para la Disposición de Instalaciones.....	34
2.1.6.1.	Procedimiento de Planificación Sistemática (SLP).....	34
2.1.6.2.	Modelos de Optimización. ....	36
2.1.6.2.1.	Enfoques Algorítmicos.....	36
2.1.6.2.2.	Método CRAFT.....	37
2.1.6.2.3.	Método BLOCPLAN .....	37
2.1.6.2.4.	Múltiple. ....	37
2.1.7.	Análisis Estadístico .....	38
2.1.7.1.	Medidas de Tendencia central.....	38
2.1.7.2.	Media Aritmética.....	38
2.1.7.3.	Desviación Estándar.....	39
2.1.7.4.	Moda. ....	39
2.1.7.5.	Mediana.....	40
2.1.7.6.	Rango Muestral .....	40
2.1.7.7.	Teorema del límite central.....	41
2.1.8.	Estudio de Tiempos.....	41
2.1.8.1.	Equipo para el Estudio de Tiempos.....	41
2.1.8.2.	Inicio del Estudio. ....	41
2.1.8.3.	Tiempo Normal y Tolerancias.....	42
2.1.8.4.	Tiempo Estándar .....	42
2.1.8.5.	Sistema WESTINGHOUSE.....	42
2.1.8.6.	Holguras o Suplementos.....	44
1.1.1.	Tamaño de Muestra.....	45
1.1.1.1.	Nivel de Confianza.....	46
1.1.2.	Pruebas de Bondad y Ajuste.....	46
1.1.2.1.	Prueba Chi Cuadrado .....	46

1.1.2.2.	Prueba Kolmogorov – Smirnov.....	47
1.1.3.	Simulación de Sistemas de Producción.....	48
1.2.	Revisión Literaria.....	48
<b>CAPÍTULO 3. DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE DIMALVID.</b>		<b>53</b>
3.1.	Planta de Producción DIMALVID.....	53
3.2.	Descripción del Proceso.....	54
3.2.1	Cadena de Valor.....	54
3.1.2	Lista Maestra de Procesos.....	55
3.2.1	Identificación del Problema.....	59
3.3.	Identificación de Productos representativos.....	60
3.3.1.	Diagrama Pareto.....	60
3.2.2.2	Descripción del Proceso de Ventanas de PVC Europeo.....	63
3.2.2.3.	Descripción de las estaciones de trabajo del área de Producción en DIMALVID.....	65
3.2.2.3.1.	Bodega Principal.....	65
3.2.2.3.2.	Bodega de Accesorios.....	65
3.2.2.3.3.	Corte Principal.....	66
3.2.2.3.4.	Corte II.....	67
3.2.2.3.5.	Soldadura I.....	68
3.2.2.3.6.	Soldadura II.....	68
3.2.2.3.7.	Refuerzos.....	69
3.2.2.3.8.	Limpieza.....	70
3.2.2.3.9.	Bordeado.....	71
3.2.2.3.10.	Divisores & Acoples.....	72
3.2.2.3.11.	Almacenamiento Producto Final.....	73
3.3.	Medición del Flujo, Espacio y Las Relaciones de las Actividades.....	75
3.3.1.	Medición del el Flujo.....	75
3.3.2.	Relaciones de las Actividades.....	76
3.3.3.	Espacio Actual en la Planta.....	78
3.4.	Análisis del Estudio del Layout Actual de DIMALVID.....	81
3.5.	Rediseño del área de Producción de DIMALVID.....	83
3.5.1.	Consideraciones para el rediseño del área de producción.....	84
3.5.2.	Procedimiento SLP.....	84
3.5.3.	Método CRAFT.....	85

3.5.4. Método BLOCPLAN .....	90
3.5.5. Múltiple .....	92
3.6. Análisis de los resultados del rediseño del área de Producción de DIMALVID. ....	92
<b>CAPÍTULO 4. ANÁLISIS Y MODELAMIENTO DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE DIMALVID.</b>	<b>94</b>
4.1. Descripción de la línea de producción de DIMALVID.....	94
4.2. Recolección de Tiempo para la Simulación. ....	95
4.2.1. Determinación del tamaño de muestra. ....	96
4.2.2. Determinación del tiempo estándar para cada operación .....	99
4.2.2. Pruebas de Aleatoriedad e Independencia. ....	102
4.2.3. Determinación de Distribuciones de los Procesos. ....	103
4.2.3.1. Pruebas de Bondad de Ajuste: Chi – Cuadrado y Kolmogorov Smirnov. ....	104
4.3. Construcción del Modelo. ....	106
4.3.1. Definición y Descripción del Sistema Conceptual. ....	106
4.3.2. Construcción del Modelo en Arena: Diseño, Asunciones y Limitaciones. ....	107
4.3.5. Verificación y validación del modelo. ....	111
4.3.6. Ejecución del Modelo.....	114
4.3.6.1. Longitud de la Corrida .....	114
4.3.6.2. Determinación del Número de Réplicas para la Simulación. ....	114
4.4. Resultados de la Simulación. ....	117
4.5. Propuestas de Mejoramiento .....	121
4.5.1. Consideraciones de la propuesta. ....	130
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	<b>131</b>
5.1. Conclusión General.....	131
5.2. Conclusiones Específicas. ....	131
5.2.1. Conclusiones acerca del área de producción de la empresa DIMALVID. ....	131
5.2.2. Conclusiones de la Simulación.....	133
5.3. Recomendaciones Generales.....	134
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>136</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>143</b>
ANEXO 1. Materiales para la elaboración de ventanas de PVC .....	143
ANEXO 2. Sistemas de perfiles para ventanas de PVC.....	152
ANEXO 3. Medición del flujo cuantitativo. ....	154
ANEXO 4. Distancias entre cada estación de trabajo. ....	155

ANEXO 5. Análisis estadístico de los datos para el flujo entre estaciones de trabajo.....	156
ANEXO 6. Relaciones de las actividades. ....	161
ANEXO 7. Hoja de requerimientos de servicio y área. ....	162
ANEXO 8. Diagrama de espagueti. ....	167
ANEXO 9. <i>Matriz de Costos</i> .....	168
ANEXO 10. Adyacencia de estaciones de trabajo actual.....	169
ANEXO 11. Diagrama de Relaciones. ....	170
ANEXO 12. Diagrama de Relaciones de espacio. ....	172
ANEXO 13. Propuesta de layout SLP .....	173
ANEXO 14. Distancias y adyacencias entre estaciones de la propuesta SLP.....	174
ANEXO 15. Iteraciones método CRAFT.....	176
ANEXO 16. Propuesta de layout CRAFT .....	178
ANEXO 17. Distancias y adyacencias entre estaciones de la propuesta CRAFT.....	179
ANEXO 18 Distancias y adyacencias entre estaciones de la propuesta BLOCPLAN .....	181
ANEXO 19. Disposición del Método Múltiple.....	183
ANEXO 20. Formato de hoja de observaciones: Recolección de datos. ....	184
ANEXO 21. Toma de tiempos de cada estación. ....	185
ANEXO 22. Cálculo de tiempos de recorrido entre estaciones de trabajo. ....	187
ANEXO 23. Cálculo de tiempos estándar de cada estación.....	188
ANEXO 24. Pruebas de Independencia de los datos. ....	190
ANEXO 25. Prueba de Aleatoriedad de los datos.....	193
ANEXO 26. Distribuciones obtenidas a través del Input Analyzer. ....	194
ANEXO 27. Diseño del modelo para la simulación del área de producción de DIMALVID. ..	208
ANEXO 28. Pruebas de aleatoriedad e independencia para las entidades de entrada. ....	209
ANEXO 29. Datos y suposiciones para el análisis de los datos de la medida de desempeño para el modelo actual y el modelo simulado. ....	211
ANEXO 30. Igualdad de varianzas. ....	217
ANEXO 31. Resultados de la simulación actual.....	218
ANEXO 32. Nuevos tiempos de recorrido entre cada estación. ....	225
ANEXO 33. Resultados de la simulación del modelo propuesto.....	226
ANEXO 34. Espacios necesarios para la propuesta general .....	232
ANEXO 35. Propuesta SLP modificada. ....	233
ANEXO 36. Distancias y adyacencia de la propuesta SLP modificada.....	235
ANEXO 37. Diseño del modelo propuesto en el programa Arena .....	237

## LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Simbología para los diagramas de flujo.....	23
Figura 2. Simbología para el Análisis de Valor de Procesos. ....	24
Figura 3. Diagrama de Causa y Efecto.....	26
Figura 4. Análisis de Pareto .....	27
Figura 5. Flujo dentro de los departamentos .....	30
Figura 6. Tabla de relaciones .....	32
Figura 7. Procedimiento SLP .....	35
Figura 8. Cadena de Valor DIMALVID .....	55
Figura 9. Lista Maestra de Procesos DIMALVID .....	58
Figura 10. Diagrama Causa- Efecto DIMALVID .....	59
Figura 11. Pareto Perfilera DIMALVID .....	61
Figura 12. Pareto Productos DIMALVID .....	62
Figura 13. Diagrama de Flujo Ventanas PVC Europeo DIMALVID .....	64
Figura 14. Estación de Corte Principal.....	66
Figura 15. Estación de Corte II .....	67
Figura 16. Estación de Corte II (Continuación) .....	67
Figura 17. Estación de Soldadura I .....	68
Figura 18. Estación de Soldadura II .....	69
Figura 19. Estación de Refuerzos.....	69
Figura 20. Estación de Refuerzos (Continuación).....	70
Figura 21. Estación de Limpieza.....	70
Figura 22. Estación de Bordeado .....	71
Figura 23. Estación de Bordeado (Continuación) .....	72
Figura 24. Estación de Bordeado (Continuación) .....	72
Figura 25. Estación de Divisores & Acoples .....	73
Figura 26. Estación de Divisores & Acoples (Continuación) .....	73
Figura 27. Layout Actual DIMALVID .....	74
Figura 28. Datos Iniciales para Add In .....	86
Figura 29. Definir la instalación para el complemento del Algoritmo CRAFT .....	88
Figura 30. Instalación Inicial utilizando el complemento para CRAFT .....	89
<i>Figura 31. Propuesta de layout BLOCPLAN.....</i>	<i>92</i>
Figura 32. Creación de entidades en Arena Software .....	108
Figura 33. Datos Módulos Create .....	108
<i>Figura 34. Estación Corte.....</i>	<i>109</i>
Figura 35. Modelamiento Estaciones Soldadura y Limpieza .....	110
Figura 36. Modelamiento de Estaciones Bordeado y Divisores & Acoples .....	110
Figura 37. Verificación del Modelo .....	111
Figura 38. Verificación del Modelo .....	112
Figura 39. Número de Entidades Saliente .....	113
Figura 40. Número de Entidades Salientes .....	117
Figura 41. Unidades que Ingresaron al Sistema .....	118
Figura 42. Tiempos de Espera.....	119
<i>Figura 43. Utilización de los Recursos .....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 44. Número de Entidades Atendidas por los recursos .....</i>	<i>121</i>

Figura 45. Perfiles Principales TECNOCOM .....	144
Figura 48. Perfiles Principales (Continuación) .....	144
Figura 47. Contra vidrios .....	145
Figura 48. Perfiles Auxiliares.....	146
Figura 49. Perfiles Auxiliares (Continuación) .....	147
Figura 50. Accesorios y perfiles complementarios. ....	148
<i>Figura 51. Perfiles Auxiliares.....</i>	<i>149</i>
Figura 52. Perfiles Auxiliares (Continuación) .....	150
Figura 53. Refuerzos .....	151
Figura 54. Sistema Doble Contacto.....	152
Figura 55. Sistema Corredizo.....	153
Figura 56. Relación de las actividades, .....	161
<i>Figura 58. Diagrama de Relaciones sin considerar el espacio .....</i>	<i>171</i>
Figura 59. Diagrama de Relaciones considerando el espacio .....	172
Figura 60. Propuesta de layout SLP .....	173
<i>Figura 61. Iteración uno método CRAFT.....</i>	<i>176</i>
Figura 62. Iteración dos método CRAFT .....	177
Figura 63. Propuesta CRAFT.....	178
Figura 64. Gráficas de Dispersión para los datos de entrada de cada estación. ....	190
<i>Figura 65. Modelo para la simulación .....</i>	<i>208</i>
<i>Figura 66. Gráfica de dispersión para los datos de entrada .....</i>	<i>209</i>
<i>Figura 67. Prueba de normalidad para datos real. ....</i>	<i>212</i>
<i>Figura 68. Prueba de normalidad para datos simulados .....</i>	<i>213</i>
<i>Figura 69. Gráfica de probabilidad normal para simulado y real. ....</i>	<i>213</i>
<i>Figura 70. Prueba de normalidad para datos simulados actuales. ....</i>	<i>215</i>
<i>Figura 71. Prueba de normalidad para datos simulados propuestos. ....</i>	<i>215</i>
<i>Figura 72. Gráfica de probabilidad normal para simulado y real. ....</i>	<i>216</i>
<i>Figura 73. Gráfica de igualdad de varianzas para real y simulado. ....</i>	<i>217</i>
Figura 74. Propuesta SLP modificada.....	234
Figura 75. Diseño del modelo propuesto en Arena .....	237

## LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Valor de cercanías.....	33
Tabla 2. Códigos de frecuencia.....	33
Tabla 3. Sistema Westinghouse para calificar consistencia.....	43
Tabla 4. Sistema Westinghouse para calificar condiciones.....	43
Tabla 5. Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo.....	44
Tabla 6. <b>Sistema Westinghouse para calificar consistencia.</b> .....	44
Tabla 7. Valores de Relaciones de las Actividades.....	77
Tabla 8. Código en Tabla de Las Relaciones de Actividades.....	78
Tabla 9. Espacios Actuales de Estaciones de Trabajo.....	79
Tabla 10. Espacio Necesarios.....	80
Tabla 11. Iteraciones CRAFT.....	89
Tabla 12. Tabla Indicadores de las Propuestas.....	93
Tabla 13. Número recomendado de ciclos de observación.....	96
Tabla 14. Tamaño de muestra para cada estación.....	98
Tabla 15. Calificación de desempeño y holguras.....	101
Tabla 16. Resultados Input Analyzer.....	103
Tabla 17. Pruebas de Bondad y Ajuste.....	105
Tabla 18. Tiempo de espera en cada réplica.....	116
Tabla 19. Comparación del número de réplicas candidatas.....	117
Tabla 20. Eficiencia Actual de la Línea de Producción.....	124
Tabla 21. Cálculo de Operadores Necesarios para cada estación.....	125
Tabla 22. Cálculo de la operación más lenta.....	126
Tabla 23. Tiempos de Espera Actual vs. Propuesto.....	127
Tabla 24. Tabla Desde - Hacia Flujo Cuantitativo.....	154
Tabla 25. Tabla Desde - Hacia Distancias entre cada estación de trabajo (metros).....	155
Tabla 26. Análisis estadísticos de los datos de flujo.....	156
Tabla 27. Análisis estadístico de los datos de flujo (continuación).....	158
Tabla 28. Requerimientos de Espacio Estación Corte.....	162
Tabla 29. Requerimientos de Espacio Estación Soldadura.....	163
Tabla 30. Requerimientos de Espacio Estación Limpieza.....	164
Tabla 31. Requerimientos de Espacio Estación Bordeado.....	165
Tabla 32. Requerimientos de Espacio Estación Divisores & Acoples.....	166
Tabla 33. Tabla Desde - Hacia Costos.....	168
Tabla 34. Tabla Desde - Hacia Adyacencias.....	169
Tabla 35. Nomenclatura de las estaciones de trabajo.....	170
Tabla 36. Distancias Propuestas SLP.....	174
Tabla 37. Adyacencia propuesta SLP.....	175
Tabla 38. Distancias Propuestas CRAFT.....	179
Tabla 39. Adyacencia propuesta CRAFT.....	180
Tabla 40. Distancias Propuestas BLOCPLAN.....	181
Tabla 41. Adyacencia propuesta BLOCPLAN.....	182
Tabla 42. Formato para recolección de datos.....	184
Tabla 43. Toma de tiempos de cada estación.....	185
Tabla 44. Tiempos de recorrido entre cada estación de trabajo.....	187



Tabla 45. Correlación de Pearson .....	191
Tabla 46. Resultado de las pruebas de corrida. ....	193
Tabla 47. Pruebas de Independencia y Aleatoriedad para entidades salientes del sistema. ....	211
Tabla 48. Pruebas de Independencia y Aleatoriedad para entidades salientes del sistema. ....	214
Tabla 49. Cálculo de los tiempos de recorrido para la propuesta SLP. ....	225
Tabla 50. Espacio necesario para la propuesta general. ....	232
Tabla 51. Nomenclatura de las estaciones de trabajo. ....	233
Tabla 52. Tabla Desde - Hacia distancias de la propuesta SLP modificada .....	235
Tabla 53. Tabla Desde - Hacia adyacencia de la propuesta SLP modificada. ....	236

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.

### 1.1. Introducción.

El presente proyecto de tesis se dio por la necesidad de la empresa DIMALVID en reestructurar y optimizar el área de producción para obtener una mayor visibilidad de su proceso, y así lograr alcanzar estándares internacionales de producción. Se conversó con la Gerencia y realizaron diferentes entrevistas con los trabajadores del área, con lo que se pudo identificar que el principal problema a resolver es la distribución de las estaciones de trabajo dentro del área de producción,

Es así como se establecen tres alternativas de diseños del layout para el mejoramiento del área de producción, a través de algoritmos, utilizando la disposición actual como base para el estudio. Una vez obtenidos los datos actuales, se procedió a obtener los resultados basándose en la reducción de las distancias entre las estaciones de trabajo que comparten flujo. Esta reducción permite una disminución del tiempo total de producción y elimina actividades que no agregan valor al producto final.

Posteriormente, se simula las operaciones actuales de cada estación de trabajo dentro del área de producción, para poder determinar los niveles actuales de manufactura e identificar oportunidades de mejora.

Finalmente, se simula el layout propuesto para el área de producción y se da una solución tentativa para el balanceo de los operadores en toda la línea de producción. Además, se decide reestructurar la recolección de las materias primas. Con estos cambios la empresa logrará una disminución en los tiempos de cuellos de botella y un gran acercamiento a los estándares fijados internacionalmente.

## 1.2. Descripción de la Empresa

DIMALVID S.A. es una empresa que se dedica a la fabricación de ventanas de aluminio y vidrio desde el año de 1990. En el año 2000 amplía su gama de productos a la fabricación de ventanas con perfiles de PVC. Con el apoyo de la empresa Europea *Tecnocom* se ha convertido en una empresa líder en el mercado, ya que brinda diferentes diseños innovadores de ventanas con la mayor calidad y con el respaldo de estándares y asesoría internacional para la fabricación de sus productos. Cuenta con perfiles europeos y americanos para el diseño de ventanas, además ofrece diferentes tipos de vidrios para cumplir con requerimientos acústicos, visuales, protección, térmicos, entre otros (Franco, DIMALVID, 2014)

## 1.3. Justificación e Importancia.

El índice de volumen Industrial por actividades del año 2013 de Ecuador indica que la elaboración de productos de caucho y plástico han evolucionado positivamente en un 4.47%, lo que da una gran oportunidad a la empresa *DIMALVID* para su crecimiento e industrialización (INEC, 2013). La empresa *DIMALVID* es una empresa que se encuentra en expansión, por lo que la mayoría de sus adecuaciones para la demanda actual se han efectuado de manera desorganizada, dificultando el desarrollo de sus operaciones diarias (Franco, DIMALVID, 2014).

El principal problema identificado por la gerencia de la empresa es la falta de espacio dentro de la planta, lo que produce que existan pérdidas de materia prima y producto final que provocan retrasos en la entrega de las órdenes; además se dificulta el control y la inspección dentro del proceso (Franco, DIMALVID, 2014). La empresa ha tomado como medida de solución comprar una nueva bodega en donde se manejaran todas las materias

primas y en la planta se localizará una bodega secundaria que servirá para abastecer a la línea de producción (Franco, DIMALVID, 2014). El abastecimiento requiere planificarlo de acuerdo a la capacidad de la línea y la demanda del producto por lo que se pretende determinar estas métricas y optimizarlas a través de un nuevo diseño de la disposición física de la planta para reducir tiempo en tareas de búsqueda, movimientos innecesarios, desperdicios, entre otros y facilitar las operaciones para un mejor desempeño.

#### 1.4. Objetivo General

Generar una propuesta de optimización para el área de producción de la empresa DIMALVID, mediante la reubicación de las estaciones de trabajo y una simulación del sistema actual para controlar y visualizar el proceso, y cumplir con los requerimientos del cliente y el mercado.

#### 1.5. Objetivos Específicos.

- Conocer y analizar la situación actual y el proceso en el área de producción.
- Determinar los tiempos de ciclo de cada estación de trabajo involucrada en el área de producción.
- Realizar un análisis cualitativo y cuantitativo del flujo de material existente en el área de producción.
- Desarrollar una distribución física óptima de la planta, a través de algoritmos de rediseño de layout.
- Construir un modelo de simulación para analizar el desempeño de las estaciones.

## 1.6. Metodología.

Para desarrollar este proyecto de tesis para el rediseño de la disposición física del área de producción de la empresa DIMAVID se seguirán las siguientes etapas de acuerdo al método científico:

### **ETAPA I OBSERVACIÓN: *Recolección de Datos.***

- a. Identificar el proceso y los factores críticos de desempeño a través de entrevistas y análisis con los involucrados en el proceso.
- b. Obtener información del proceso de fabricación de las ventanas.
- c. Reconocer dificultades y problemas dentro del área de producción.
- d. Identificar el producto más vendido dentro de la empresa para basar el estudio en el producto con más rentabilidad.

### **ETAPA II IDENTIFICAR EL PROBLEMA: *Determinar métricas del proceso.***

- a. Definir unidad de medición dentro del área de producción.
- b. Medir y analizar tareas y procedimientos de los involucrados en el proceso.
- c. Analizar características de la maquinaria.
- d. Estandarizar tiempos de ciclo.

### **ETAPA III PROPUESTAS: *Rediseño de la distribución física de la planta.***

- a. Analizar el flujo de material dentro del proceso por medio de una tabla desde – hacia y medirlos a través de relaciones de cercanía y conveniencia.
- b. Analizar la disposición actual de la planta.
- c. Identificar el espacio disponible y requerido para desarrollar la propuesta.
- d. Desarrollar alternativas posibles de un nuevo layout.
- e. Escoger la mejor alternativa en base a la eficiencia de cada una para su análisis y recomendación a la empresa.

**ETAPA IV EXPERIMENTACIÓN: *Simulación:***

- a. Medición de tiempo de ciclo de trabajo por cada estación dentro de la línea de producción.
- b. Simular el estado actual de la distribución del área de producción.
- c. Determinar y analizar las medidas de desempeño del proceso actual.
- d. Crear la simulación del layout propuesto.
- e. Análisis de los resultados de las dos simulaciones.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN LITERARIA

### 2.1. Marco Teórico.

#### 2.1.1. Análisis de Procesos.

##### 2.1.1.1. Diagramas de Flujo

El diagrama de flujo es un técnica de análisis y registro que contiene detalles del proceso de la operación (Niebel & Freivalds, 2009). Este diagrama muestra todos los movimientos dentro del proceso el cual utiliza símbolos estándar para describir cada actividad (Niebel & Freivalds, 2009). Es utilizado para definir procesos de manufactura o servicio, estandarizar operaciones y establecer procedimientos para análisis o comunicación (Chang, Niedzwiecki, & Gorín, 1999). Es una representación visual de un procedimiento que se enfoca en una actividad, persona, producto o material específico para mostrar los eventos que ocurren o como es realizado el proceso (Niebel & Freivalds, 2009). La simbología que es utilizado para este diagrama se muestra en la Figura 1.












Simbología Estándar: Diagramas de Flujo de Datos.	
Inicio / Fin	
Procesos	
Entrada Datos	
Condición	
Conector	
Cinta Magnética	
Disco Magnético	
Conector de Pagina	
Líneas de Flujo	
Display, Mostrar Datos	
Enviar Datos a Impresora	

Figura 1. Simbología para los diagramas de flujo.

Fuente: (FUNDIBEC, 2012)

### 2.1.1.2. Análisis de Valor de Procesos.

Es utilizado para detectar periodos no productivos dentro del proceso, como distancias y almacenamientos temporales para luego proponer opciones de eliminación de estas actividades (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 27). Esta herramienta permite identificar actividades que no agregan valor al producto final donde se muestra los tiempos de proceso, demora y distancia para cada actividad (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 26). EL diagrama describe el proceso a realizar, y el número de actividades involucradas en el desarrollo del proceso; en el cual se muestra los tiempos de proceso, demora, transporte , almacenamiento, retrasos e inspección (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 28). A continuación se muestra los símbolos estándar utilizados para elaborar este diagrama.






<b>Operación</b>	
<b>Transporte</b>	
<b>Almacenamiento</b>	
<b>Retrasos</b>	
<b>Inspección.</b>	

Figura 2. Simbología para el Análisis de Valor de Procesos.

*Fuente:* (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 28)

### 2.1.1.3. Cadena de Valor

La cadena de valor es una herramienta principal para identificar fuentes de generación de valor para los clientes (Osorio, 2005). En la cadena de valor se identifican las actividades estratégicas y de apoyo de la empresa para generar ventajas competitivas en el mercado (Osorio, 2005).



#### 2.1.1.3.1. Macro Procesos Gobernantes.

Estos procesos están relacionados con el entorno de la organización; los cuales definen las políticas y estrategias enfocadas al cumplimiento de la misión, visión y los valores corporativos (Osorio, 2005). Por lo que todos los procesos gobernante son globales para toda la empresa y se relacionan directamente con las áreas organizacionales y administrativas, planificación y dirección estratégica de la organización (Osorio, 2005).

#### 2.1.1.3.2. Macro Procesos Productivos.

Los procesos productivos de una organización son aquellos que conforman una secuencia de actividades requeridas para elaborar un bien o servicio (Osorio, 2005). Apoyan al cumplimiento de los principales objetivos de producción como los de costos, calidad, confiabilidad y flexibilidad (Osorio, 2005).

#### 2.1.1.3.3. Macro Procesos Habilitantes.

Estos procesos permiten controlar y coordinar la gestión de apoyo para cumplir con los planes, programas y planificación estratégica, táctica y operativa (Osorio, 2005)

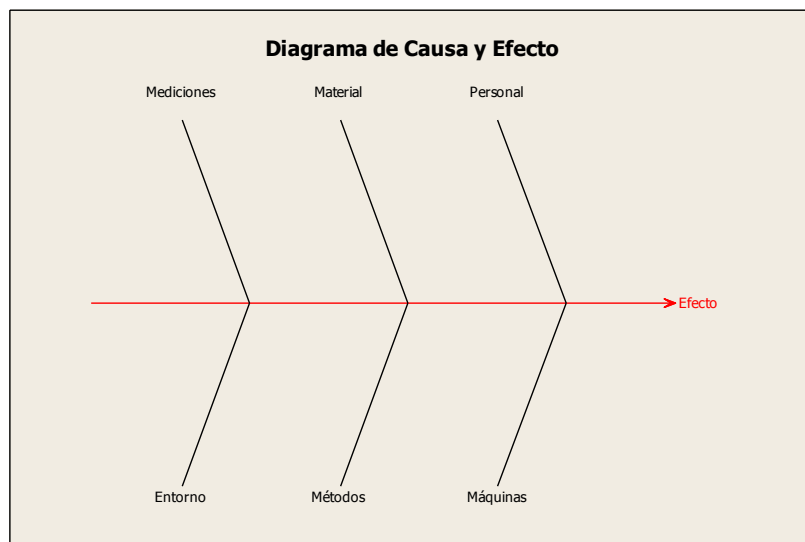
### 2.1.2. Herramientas de Calidad

#### 2.1.2.1. Diagrama de Causa y Efecto.

El diagrama de causa y efecto, o también llamado diagrama de Ishikawa, en honor a su creador, es utilizado para identificar y detectar problema de calidad a los largo de un proceso (Montgomery D. , 1991, pág. 126). El diagrama permite mostrar diferente fuentes de disconformidad en los productos y sus interrelaciones, por lo tanto, al desarrollar este diagrama se puede mejorar la percepción global del problema (Montgomery D. , 1991, pág. 126).

Es importante que el diagrama se enfoca en tres principales fuentes de disconformidad como son los materiales, operadores y equipo; sin embargo, se puede

añadir otras áreas involucradas en la operación que se esté analizando (Montgomery D. , 1991, pág. 130). A continuación, se muestra un diagrama de causa y efecto.



*Figura 3. Diagrama de Causa y Efecto*

*Elaboración Propia con el programa Minitab 15.*

#### 2.1.2.2. Análisis de Pareto.

El análisis de Pareto es conocido como la regla del 80 – 20 y desarrollado por Vilfredo Pareto como su creador (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 23). Este análisis se lo realiza para explicar la concentración de la riqueza en áreas con problemas, para lo cual se crea una distribución acumulada de los artículos de interés (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 23). Esta técnica de análisis permite al observador concentrar sus esfuerzos en el porcentaje más significativo del cual se derivan todos los problemas (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 27). A continuación se muestra un ejemplo del análisis de Pareto.

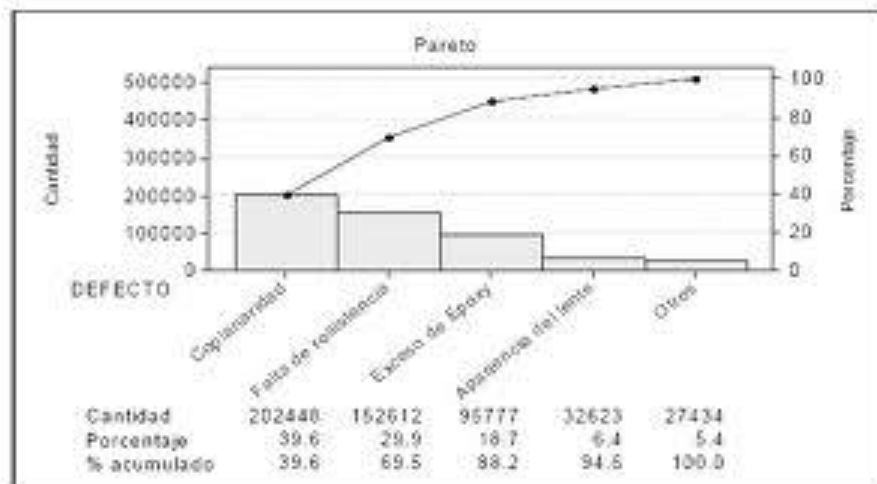


Figura 4. Análisis de Pareto

Fuente: (Baez, Limon, Tlapa, & Rodriguez, 2010)

### 2.1.3. Tipos de Sistemas de Producción

Los tipos de sistemas de producción se definen de acuerdo a la distribución física de las máquinas y departamentos dentro de las plantas de manufactura y es definido por cada empresa dependiendo del número de productos que la compañía ofrezca como por ejemplo el volumen de ventas y la cantidad de la demanda, entre otras (Sule, 2001, pág. 145). Por lo tanto existen cuatro categorías principales que son: producción de taller, por lotes, en masa y de manufactura celular; los cuales se detallan a continuación.

#### 2.1.3.1. Producción de Taller.

Se presenta cuando el producto es realizado de acuerdo a las especificaciones del cliente en donde el enfoque principal es determinar un volumen limitado y producir la mayor cantidad de productos (Sule, 2001). Para operar de esta manera la empresa requiere de personal capacitado para el manejo de múltiples procedimientos y herramientas (Sule, 2001).

#### 2.1.3.2. Producción por Lotes.

La producción por lotes se presenta cuando el objetivo de la empresa es producir la mayor cantidad de productos estándares o fijos (Sule, 2001). Se reduce la variedad de los productos de la empresa al mínimo y se debe tomar en cuenta la demanda de los productos que debe ser estable y continua, además de la capacidad de la planta debe ser alta (Sule, 2001).

#### 2.1.3.3. Producción Masiva.

Esta producción se la realiza solo para una clase de producto en una cantidad máxima de volumen para fraccionar en grupos pequeños lograr la eficiencia y minimizar las capacidades requeridas por los operarios (Sule, 2001).

#### 2.1.3.4. Sistemas Pull y Push.

El sistema de producción *Pull* se basa en la elaboración de productos bajo pedido y los sistemas *Push* se los productos se elaboran en base a pronósticos de la demanda (Ruiz - Usano, Framiñán, Crespo, & Muñoz, 2012). El sistema *Pull* inicia la momento en que el cliente envía el requerimiento del producto a la empresa, por otro lado, el sistema *Push* debe almacenar inventario para aproximarse a las ventas pronosticadas e influye varios factores para su consumo (Fernández, 2006, pág. 109)

#### 2.1.3.5. Tecnología de Grupos.

Esta tecnología es utilizada para agrupar partes o productos con características similares, en celdas de manufactura, dependiendo del trabajo que se debe realizar (Meyers & Stephens, 2006). El objetivo es fabricar una mayor cantidad de productos en un menor tiempo a través preparar o cambiar las maquinas la menor cantidad de veces, por lo tanto es importante tomar en cuenta el diseño de las celdas de manufacturas: familia o tecnología de grupos. Existen diferentes formas de agrupación como por ejemplo de máquinas,

empleados, materiales, herramientas y equipo de almacenamiento para producir un determinado grupo de productos (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 83).

#### 2.1.4. Flujo de Materiales.

El flujo depende del tamaño de producción que se realiza en la empresa, así también las métricas que son utilizadas para las cargas unitarias, la maquinaria utilizada, el movimiento y manejo de los materiales y la disposición física del edificio (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 103)

##### 2.1.4.1. Patrones de Flujo

Los patrones de flujo deben ser considerados dentro de todos los procesos de la empresa así también como dentro de los departamentos (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 92). Se debe considerar los movimientos y las condiciones ergonómicas dentro de las estaciones de trabajo; y dentro de los departamentos es importante tomar en cuenta el tipo de producción para encajar con uno de los tres patrones de flujo: uno tras otro, en paralelo y de ángulo regular (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 92).

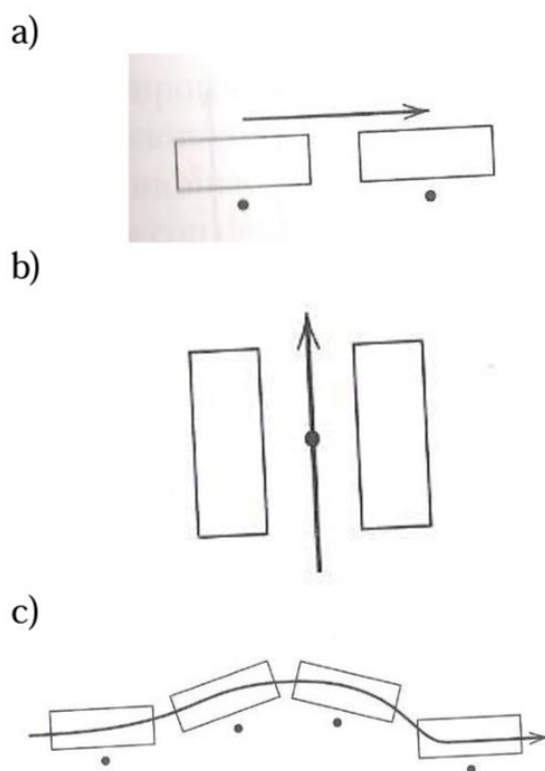
##### 2.1.4.1.1. Flujo dentro de las estaciones de trabajo

El flujo dentro de las estaciones de trabajo es importante debido a las consideraciones ergonómicas y estudio de movimientos, por lo que deben ser simultáneos, simétricos, naturales técnicos y habituales (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 98).

##### 2.1.4.1.2. Flujo dentro de los departamentos.

Este flujo depende directamente del tipo de producción que es utilizado dentro de la planta. Se pueden dar los siguientes tipos de flujo (a) uno tras otro, (b) uno frente al otro, y (c) de ángulo irregular como se muestran en la siguiente figura (Tompkins, White, Bozer,

& Tanchoco, 2006, pág. 99). El flujo uno tras otro, está conformado por departamento por producto, es decir que un trabajador se encuentra en cada estación de trabajo. El flujo frente a frente es usado cuando un operario atiende dos estaciones de trabajo y los de ángulo irregular se emplean cuando un operario tiene actividades en más de dos estaciones de trabajo (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 100).



*Figura 5. Flujo dentro de los departamentos*

*Fuente:* (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 99)

#### 2.1.4.2. Planificación del Flujo

La planificación del flujo requiere analizar los esquemas y principios de este; se considera un flujo eficaz el movimiento progresivo de recursos en las estaciones de trabajo, de esta manera poder simplificarlo y minimizar el flujo (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006). Para lograr un planificacion optima se debe tomar en cuenta la entrega

de recursos al punto final sin intermediarios, minimiza rlos movimientos de una estacion a otra y los costos de desplazamiento y automatizacion (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006).

#### 2.1.4.3. Medición del Flujo

Para analizar el flujo se debe determinar métricas de evaluación y comparación las cuales pueden ser cualitativas o cuantitativas (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006). Se puede utilizar una tabla desde – hacía para medir y registrar de manera cuantitativa el flujo a de la cantidad de material trasladado entre departamentos o estaciones de trabajo; mientras que se utiliza valores de cercanía de la relación para evaluar cualitativamente basado en códigos y valores establecidos por Muther (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006).

#### 2.1.4.4. Relaciones de las Actividades.

Conocer la relación que existe entre actividades ayuda significativamente a la toma de decisiones dentro del proceso para el diseño de la disposición física de las instalaciones (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006). La relación de las actividades puede ser medida por el flujo existente dentro del proceso, tanto cuantitativamente en términos de ítems, peso, unidades, volumen o material como cualitativo por su cercanía.

##### 2.1.4.4.1. Medición cuantitativa el flujo.

Para medir los flujos de manera cuantitativa se debe determinar una unidad de medición, que puede ser en términos de piezas, ítems, pesos, volumen, viajes de los operarios o la cantidad de material trasladado entre departamentos. Por lo tanto, para realizar el registro de estas mediciones se utiliza una tabla desde – hacía en la cual se enlistan los departamentos hacia abajo en filas y a lo largo en columnas y se les asigna los

valores definidos anteriormente para representar el flujo que se da entre las áreas (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 104).

#### 2.1.4.4.2. Medición cualitativa del flujo.

Para esta medición se debe utilizar los calores de cercanía de la relación desarrollados por Muther, a través de una tabla de relaciones, en donde se valora la importancia de cercanía y la frecuencia del flujo entre las estaciones (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 107). Se inicia enlistando cada uno de los departamentos, después se definen los criterios para asignar la ponderación y las razones de cercanía, como se muestran en las siguientes figuras (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 107).

<b>1</b>	<b>SALA DE CONFERENCIAS</b>																			
<b>2</b>	<b>PRESIDENTE</b>	U																		
<b>3</b>	<b>VENTAS</b>	6	X																	
<b>4</b>	<b>PERSONAL</b>	0	6	I																
<b>5</b>	<b>GERENTE DE PLANTA</b>	6	X	6	U															
<b>6</b>	<b>OFICINA DE INGENIERÍA</b>	X	6	X	6	U														
<b>7</b>	<b>SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN</b>	2	X	6	U	6	O													
<b>8</b>	<b>OFICINA DEL CONTRALOR</b>	0	6	U	6	U	4	O												
<b>9</b>	<b>ADQUISICIONES</b>	6	U	6	O	4	O	1	I											
<b>10</b>	<b>RECEPCIÓN</b>	U	6	O	4	I	2	U	3	U										
		6	U	4	I	3	I	4	U	6										
		0	4	O	1	I	4	U	6											
		4	U	2	O	4	U	6												
		0	2	U	4	U	6													
		4	X	4	U	6														
		E	4	U	6															
		1	U	4																
		U	2																	
		4																		

Figura 6. Tabla de relaciones

Fuente: (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 107)



Tabla 1. Valor de cercanías.

VALOR	CERCANÍA
<b>A</b>	Absolutamente necesaria
<b>E</b>	Muy importante
<b>I</b>	Importante
<b>O</b>	Está bien y una cercanía normal
<b>U</b>	No es importante
<b>X</b>	No es conveniente.

Fuente: (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 107)

Tabla 2. Códigos de frecuencia.

CÓDIGO	RAZÓN
<b>1</b>	Frecuencia de uso alta.
<b>2</b>	Frecuencia de uso mediana.
<b>3</b>	Frecuencia de uso baja.
<b>4</b>	Flujo de información alto.
<b>5</b>	Flujo de información mediano
<b>6</b>	Flujo de información bajo.

Fuente: (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 107)

#### 2.1.5. Manejo de Materiales

El manejo de materiales es un actividad que no agrega valor al y genera una gran parte del costo final del producto ya que se representa el transporte y los movimientos de los recursos entre las estaciones de trabajo por lo que debe minimizarse a través de

desplazamientos periódicos (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006) Para poder determinar y diseñar el óptimo manejo de materiales es necesario tomar en cuenta los procedimientos que se realizan en la empresa como la planificación, espacio disponible, automatización, estandarización, ciclo del vida, entre otros (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006).

#### 2.1.6. Procedimientos para la Disposición de Instalaciones.

Existen dos procedimientos para generar una disposición física de una instalación: generar una nueva desde cero y mejorar una existente por medio de varias alternativas (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 301).

##### 2.1.6.1. Procedimiento de Planificación Sistemática (SLP)

Este procedimiento es útil tanto para la construcción como para el mejoramiento de una instalación. Utiliza como datos de entrada el diagrama de relaciones para ubicar las actividades según su cercanía, posteriormente se incluye el tamaño de cada departamento para conocer el espacio disponible de la instalación (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 309). Esta metodología puede ser utilizada para desarrollar de forma secuencial una disposición en bloques o de construcción y luego, establecer una estructura detallada de cada actividad de la empresa (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 309). En la siguiente figura, se muestra el procedimiento de esta metodología.

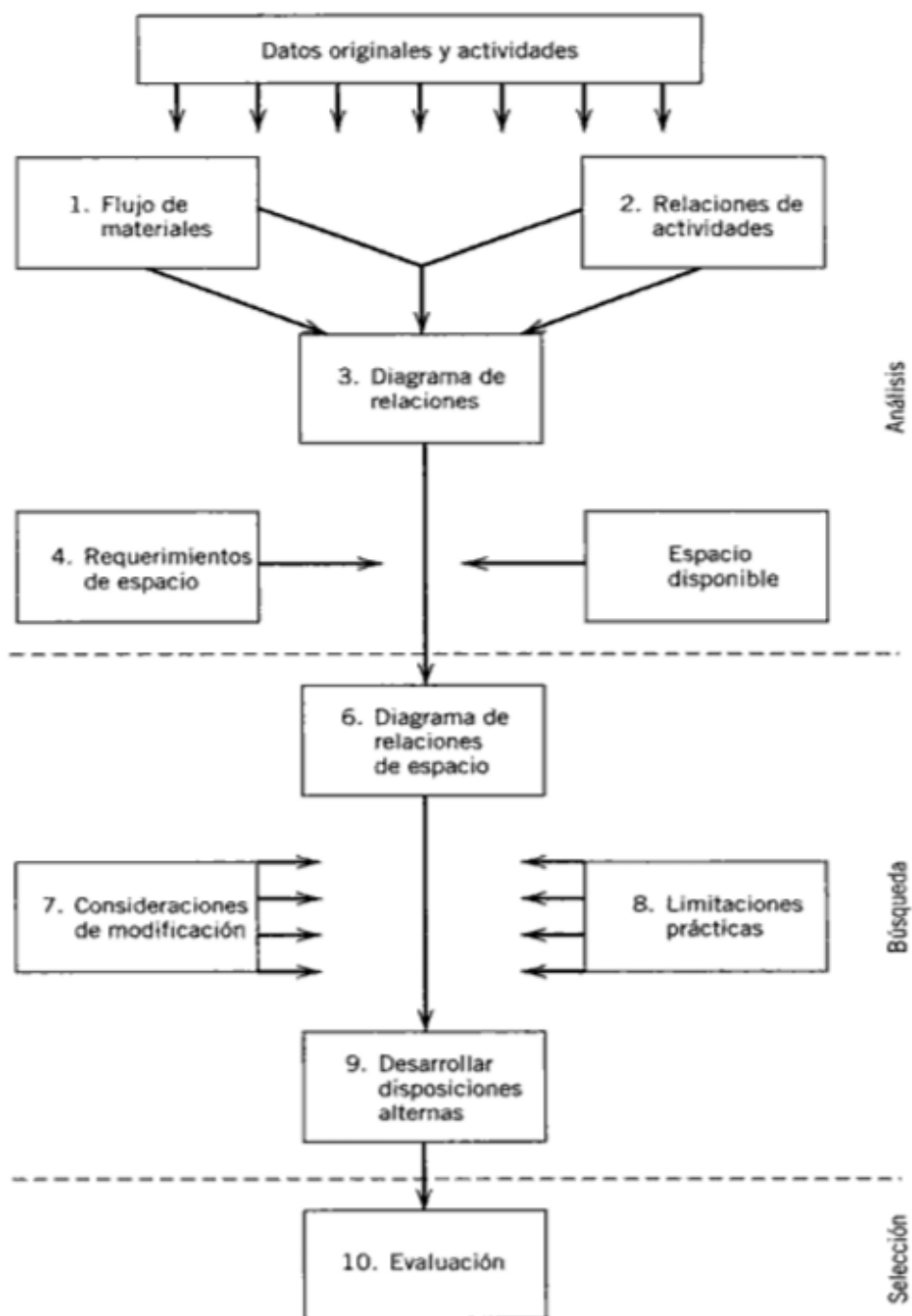


Figura 7. Procedimiento SLP

Fuente: (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 306)

### 2.1.6.2. Modelos de Optimización.

Los modelos de optimización muestran un conjunto de variables de decisión que se requieren maximizar o minimizar una determinada función objetivo, en la cual se incluye un número de restricciones a ser cumplidas. Para estos casos los modelos de programación lineal son los más utilizados dado a que se adaptan a situaciones reales (Ramos Menéndez & Flores Aliaga, 2013)

#### 2.1.6.2.1. Enfoques Algorítmicos.

Existen dos tipos de enfoques de acuerdo a la función objetivo.

La primera minimiza la suma de los flujos por distancias:

$$\text{Minimizar } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} c_{ij} d_{ij}$$

Dado que:

$f_{ij}$  Es el flujo del departamento  $i$  a la  $j$

$c_{ij}$  Es el costo del departamento  $i$  a la  $j$

$d_{ij}$  Es la distancia del departamento  $i$  a la  $j$

*Fuente:* (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 305)

La segunda maximiza una calificación de adyacencia:

$$\text{Maximizar } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} x_{ij}$$

Dado que:

$f_{ij}$  Es el flujo del departamento  $i$  a la  $j$

$x_{ij}$  Es una variable binaria.

*Fuente:* (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 305)

#### 2.1.6.2.2. Método CRAFT.

Para este método los intercambios entre departamentos adyacentes del mismo tamaño, son de dos sentidos, es decir pareados; es utilizado para mejorar un layout existente a través de emplear una tabla desde-hacia para analizar el flujo y una función objetivo para minimizar las distancias (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006).

#### 2.1.6.2.3. Método BLOCPLAN

Los departamentos están organizados en bandas, y se utiliza la tabla de relaciones y desde – hacia como datos iniciales del método (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 315). Las bandas no pueden ser mayores que tres, el ancho de las mismas puede variar dependiendo de cuantos departamentos existan; cada departamento ocupa una banda de forma rectangular el costo puede medirse minimizando distancias o maximizando adyacencias (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 315). Este método calcula el valor de  $Rel - Dis$  para la ubicación dando un valor numérico de las calificaciones de cercanía que se multiplican por los centroides de los departamentos para generar un costo de la disposición (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 315)

#### 2.1.6.2.4. Múltiple.

Este algoritmo fue desarrollado de manera inicial para instalaciones con varios pisos, pero con el transcurso del tiempo, se lo pudo implementar en plantas con un solo piso simplemente haciendo que éste número sea igual a uno. MÚLTIPLE utiliza una tabla desde-hacia como datos originales para el flujo, y la función objetivo se basa en las

distancias, detallada en la sección 2.1.6.2.1, las cuales son medidas en forma rectilínea entre los centroides de los departamentos. (Tompkins et al. 2006, p. 344)

Es un algoritmo de mejoramiento, donde la disposición inicial es previamente especificada y en donde los departamentos no están limitados a formas rectangulares. De igual forma, implementa un método de intercambio pareado, el cual no está restringido a que los intercambios sean entre departamentos adyacentes. (Bozer et. al, 1994)

Esta metodología requiere de las denominadas “curvas para llenar el espacio”, las que se basan primeramente en cuadrricular el *layout* de la instalación y trazar una línea que cruza cada cuadrado de la misma exactamente una vez. La más conocida es la curva de Hilbert, la cual es utilizada para ubicar las estaciones una a continuación de otra, a través de una secuencia de llenado y el área que ocupan cada uno de los departamentos. (Hobson, 1950)

#### 2.1.7. Análisis Estadístico

##### 2.1.7.1. Medidas de Tendencia central.

Las medidas de tendencia central indican en torno a que valor se encuentran los datos de una muestra. Moda, mediana, media aritmética, desviación estándar y rango (Medidas de Tendencia Central, 2011)

##### 2.1.7.2. Media Aritmética.

El promedio, o la media aritmética es la cantidad total de la variable distribuida en partes iguales entre cada observación, se llama también centro de gravedad de un set de datos y es sumamente

sensible a valores extremos (Montgomery & Runger, 2004, p. 5). Se calcula a través de la sumatoria de todas las observaciones dividido para el número total de las observaciones (Montgomery & Runger, 2004, p. 5)

### 2.1.7.3. Desviación Estándar.

El promedio es útil, aunque no comunica toda la información acerca de una muestra de datos, por lo que la variabilidad o dispersión de los datos se describe con la desviación estándar muestral (Montgomery & Runger, 2004, p. 5). La desviación estándar se calcula con la siguiente fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

*Fuente:* (Montgomery & Runger, 2004, p. 5)

### 2.1.7.4. Moda.

La moda es el valor más frecuente de entre un grupo de datos y se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Moda} = L_i + \frac{f_i - f_{i-1}}{(f_i - f_{i-1}) + (f_i - f_{i+1})} \times a_i$$

Donde,

*L<sub>i</sub> es el límite inferior de la clase modal*

*$f_i$  es la frecuencia absoluta de a clase modal*

*$f_{i-1}$  es la frecuencia absoluta inmediatamente inferior*

*$f_{i+1}$  es la frecuencia absoluta inmediatamente posterior a la clase modal*

*$a_i$  es la amplitud de la clase.*

Fuente: (Medidas de Tendencia Central, 2011)

Para mayor facilidad de cálculo se utiliza la función MODE en Excel, la cual evalúa la frecuencia con la que aparece un número o un texto y lo toma como resultado para la moda de los datos (Microsoft Office, 2014)

#### 2.1.7.5. Mediana.

La mediana es una medida que divide los datos, en dos partes iguales; para una muestra impar la mitad de los datos se encuentra se encuentra arriba de esta valor y la otra mitad debajo de este valor (Montgomery & Runger, 2004, p. 30). Si el tamaño del set de datos es par, la mediana es el promedio entre los dos números centrales (Montgomery & Runger, 2004, p. 30)

#### 2.1.7.6. Rango Muestral

El rango muestral, es la diferencia entre la observación más grande y la más pequeña, por lo que muestra la variabilidad que existe entre los datos extremos (Montgomery & Runger, 2004, p. 8). El rango muestral no aporta información sobre los datos muestrales entre estos dos valores, por lo que para tamaños de muestra menor a diez datos, la pérdida de información no es grave.



#### 2.1.7.7. Teorema del límite central.

El teorema del límite central, afirma que si una población tiene media  $\mu$ , y desviación típica  $\sigma$ , y si se toma muestras de tamaño grande (más de 30 observaciones), las medidas de estas muestras siguen aproximadamente la distribución:

$$N\left(\mu, \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

*Fuente:* (Montgomery & Runger, 2004, p. 8)

Como consecuencia el teorema permite averiguar la probabilidad de que la media de una muestra este en un intervalo; permite calcular la probabilidad de que la suma de los elementos de una muestra se encuentre en un intervalo; e inferir la media de la población a partir de la muestra (Montgomery & Runger, 2004, p. 317)

#### 2.1.8. Estudio de Tiempos

Permite establece “un día de trabajo justo”, es decir cuánto trabajo se puede realizar por un empleado capacitado en condiciones normales utilizando su tiempo efectivamente trabajando a una velocidad o ritmo normal en una tarea específica (Niebel & Freivalds, 2009).

##### 2.1.8.1. Equipo para el Estudio de Tiempos

Se requiere un cronometro para la medición y toma de tiempos, tablas formas de estudio y una calculadora es posible que en determinadas ocasiones se necesite registrar en video las operaciones (Niebel & Freivalds, 2009).

##### 2.1.8.2. Inicio del Estudio.

Previo al inicio del estudio se debe capacitar a la persona en esa actividad para que puedo realizarla sin inconvenientes (Niebel & Freivalds, 2009). Se debe registrar los tiempos de dos maneras posibles: tiempos continuos donde el cronometro corre durante

todo el estudio para determinar los puntos exactos de cada actividad, y técnica de regresos a cero que restablece el cronometro a cero luego de registrar cada elemento (Niebel & Freivalds, 2009).

#### 2.1.8.3. Tiempo Normal y Tolerancias.

El tiempo normal está definido como el tiempo que se demora cada actividad en completas un ciclo que contiene el tiempo de trabajo y el de inactividad (Niebel & Freivalds, 2009). Tolerancias son un porcentaje del tiempo normal que incluye periodos de descanso y retazos inevitables (Niebel & Freivalds, 2009)

#### 2.1.8.4. Tiempo Estándar

Es el tiempo en el que un operador promedio, completamente calificado y entrenada necesita para completar una tarea en condiciones normales para desarrollarlo y completarlo (Niebel & Freivalds, 2009).

#### 2.1.8.5. Sistema WESTINGHOUSE

Es un sistema de calificación de desempeño que se ha usado por mucho tiempo y lleva este nombre ya que fue desarrollado por la Westinghouse Electric Corporation (Niebel & Freivalds, 2009, p. 358). Este sistema considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia (Niebel & Freivalds, 2009, p. 359),

La habilidad está definida como la destreza para seguir con un método dado, que es resultado de la experiencia y las aptitudes de coordinación natural. El esfuerzo se define como la demostración de la voluntad para trabajar de manera correcta. Las condiciones de trabajo estén determinadas por la temperatura, ventilación, la luz y el ruido. Y por último, el factor de la consistencia está definido por la constancia realizada entre las mismas

operaciones, por lo tanto esta evaluación debe asignarse mientras el operario este trabajando (Niebel & Freivalds, 2009, p. 359).

Para cada uno de estos factores existen seis grados de de evaluación que se muestran en las siguientes tablas:

*Tabla 3. Sistema Westinghouse para calificar consistencia.*

<b>Sistema Westinghouse para calificar consistencia.</b>		
+0,15	A1	Excesivo
+0,13	A2	Excesivo
+0,11	B1	Excelente
+0,08	B2	Excelente
+0,06	C1	Bueno
+0,03	C2	Bueno
+0,00	D	Promedio
-0,05	E1	Aceptable
-0,10	E2	Aceptable
-0,16	F1	Malo
-0,22	F2	Malo

*Elaboración propia*

*Fuente:* (Niebel & Freivalds, 2009, p. 359)

*Tabla 4. Sistema Westinghouse para calificar condiciones*

<b>Sistema Westinghouse para calificar condiciones</b>		
+0,06	A	Ideal
+0,04	B	Excelente
+0,02	C	Buena
0,00	D	Promedio
-0,03	E	Aceptable
-0,07	F	Mala

*Elaboración propia*

*Fuente:* (Niebel & Freivalds, 2009, p. 359)

Tabla 5. Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo

<b>Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo</b>		
+0,13	A1	Excesivo
+0,12	A2	Excesivo
+0,10	B1	Excelente
+0,08	B2	Excelente
+0,05	C1	Bueno
+0,02	C2	Bueno
+0,00	D	Promedio
-0,04	E1	Aceptable
-0,08	E2	Aceptable
-0,12	F1	Malo
-0,17	F2	Malo

*Elaboración propia*

*Fuente:* (Niebel & Freivalds, 2009, p. 359)

Tabla 6. Sistema Westinghouse para calificar consistencia.

<b>Sistema Westinghouse para calificar consistencia.</b>		
+0,15	A1	Excesivo
+0,13	A2	Excesivo
+0,11	B1	Excelente
+0,08	B2	Excelente
+0,06	C1	Bueno
+0,03	C2	Bueno
+0,00	D	Promedio
-0,05	E1	Aceptable
-0,10	E2	Aceptable
-0,16	F1	Malo
-0,22	F2	Malo

*Elaboración propia*

*Fuente:* (Niebel & Freivalds, 2009, p. 359)

#### 2.1.8.6. Holguras o Suplementos.

El estudio de tiempo no incluye las demoras inevitables, que quizá ni siquiera fueron observadas al momento del levantar la información, por lo tanto es importante realizar unos ajuste para completar estas pérdidas en la medición (Niebel & Freivalds, 2009, p. 366). Existen dos tipos de holguras que se deben considerar importantes que son las constantes y las variables. Dentro de las constantes se tiene las holguras por necesidades personales a las cuales se les da un valor de 5%, y la holgura para la fatiga básica cuyo valor esta determinado en 4% (Niebel & Freivalds, 2009, p. 369), Las holgura variables consideran factores como la postura, la monotonía, mala iluminación, tedio, peso levantado entre otros. Para cada uno de estas consideraciones se presenta una tabla que se encuentra en la página 369 del libro de Niebel (2009).

#### 1.1.1. Tamaño de Muestra.

El tamaño de muestra es el número de entidades que componen una muestra representativa de una población, por lo tanto, hay que tomar en cuenta ciertos factores que influyen al determinar este tamaño que son: tipo de muestreo, parámetro, error muestral, varianza poblacional y el nivel de confianza (Morales Vallejo, 2012).

Los parámetros se obtiene sobre la población, es estadístico es la medida sobre la muestra, el error muestral es la diferencia entre los dos valores anteriores; el nivel de confianza es la probabilidad de que la estimación se ajuste a la realidad y la varianza poblaciones está vinculada con la homogeneidad de la población (Morales Vallejo, 2012).

A continuación, se presenta la fórmula utilizada para el tamaño de muestra para datos globales.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2}$$

Donde:

$n$  = tamaño de la población

$Z$  = nivel de confianza (curva de Gauss) (95%)

$p$  = proporción esperada

$q = 1 - p$  (proporción no esperada)

$d$  = error permisible (5%)

*Fuente:* (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005)

#### 1.1.1.1. Nivel de Confianza.

El nivel de confianza es la probabilidad con la que es asociada una estimación de intervalo, con la cual señala la certeza que se tiene para la estimación del parámetro de la población (Levin & Rubin, 2004, pág. 286). Con mayor frecuencia el nivel de confianza se utiliza de 90%, 95% y 99%, mientras el nivel sea más alto mayor será la confianza de la estimación (Levin & Rubin, 2004, pág. 286)

#### 1.1.2. Pruebas de Bondad y Ajuste.

El objetivo de esta prueba es determinar si los datos se ajustan a una distribución en particular como modelo de la población (Montgomery & Runger, 2004, pág. 356). Este resultado puede ser afectado por el tamaño de la muestra, dado que si es muy grande, la prueba rechazara todas las distribuciones planteadas; y si el tamaño es muy pequeño tomará como válidas las distribuciones probadas (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005, pág. 326)

##### 1.1.2.1. Prueba Chi Cuadrado

La prueba de Chi Cuadrado formaliza la idea de comparar el histograma de los datos con la forma de la función de densidad de la distribución candidata (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005, pág. 327). Esta prueba es utilizada para grandes tamaños de

muestra y para distribuciones continuas o discretas (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005, pág. 357). La prueba se inicia dividiendo las  $n$  observaciones en  $k$  intervalos, y está dada por:

$$X_o^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde,

$O_i$  = es la frecuencia observada en el intervalo  $i$ .

$E_i$  = es frecuencia esperada en el intervalo  $i$ .

Las hipótesis son las siguientes:

$H_0$ : La variable aleatoria,  $X$ , forma parte de la distribución propuesta

$H_1$ : La variable aleatoria,  $X$ , no sigue la distribución propuesta.

La hipótesis nula es rechazada si  $X_o^2 > X_{\alpha, k-s-1}^2$ , los valores de este estimado son encontrados en el apéndice del libro de Banks (2005).

*Fuente:* (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005, pág. 327)

#### 1.1.2.2. Prueba Kolmogorov – Smirnov

Esta prueba, no paramétrica, es utilizada cuando el tamaño de muestra es pequeño y para determinar el ajuste entre dos distribuciones de probabilidad (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005, pág. 332). La prueba se aplica a distribuciones continuas y su estadístico está dado por:

$$D = \max_x |F_e(x) - F(x)|, \infty < x < \infty$$

La hipótesis nula prueba si la proporción de valores observados menores o iguales a  $x$   $F_e(x)$ , son cercanos a la proporción real, donde  $F(x)$ . Para rechazar o no la hipótesis se utiliza el valor de la prueba si  $p < \alpha$ , se rechaza la hipótesis nula y si  $p > \alpha$ , no se rechaza (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005, pág. 332). EL valor de  $p$  está dado por el nivel de significancia al cual se rechaza la hipótesis nula para los valores de prueba estadística; por lo que si este valor es alto, la distribución se ajusta a los datos, mientras que si el valor es muy pequeño entonces la distribución no se ajusta a los datos (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005, pág. 333)

### 1.1.3. Simulación de Sistemas de Producción.

Según Coss, R. (1998), da la definición de simulación de acuerdo a Thomas H. Taylor que afirma que la simulación es una técnica numérica para realizar experimentos que comprenden algunos tipos de relaciones matemáticas y lógicas necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos reales en un periodo de tiempo a través de un computador (Coss Bú, 1998). Esto implica una generacion de historia artificial del sistema y la observacion y analisis de su comportamiento para obtener características reales del proceso simulado (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005).

### 1.2. Revisión Literaria.

La estandarización de los procesos y requerimientos permite definir claramente los requisitos para realizar determinadas actividades lo brinda facilidad de aprendizaje y realización de las mismas, es así como Jennifer Diez (2009) manifiesta en su artículo los beneficios que presenta la estandarización en la mejora de la productividad y para la reducción de costos de formación de personal (Diez & Abreu, 2009). Los estándares puede ser aplicados en cualquier proceso decualquier área, desde la sicología hasta la industria pesquera en dónde se estandarizaron las tasas de pesca en las costas de Chile para generar



registros y determinar la mejor época de producción (Párraga, Ziñneruelo, Montenegro, & Leal, 2010). El paso inicial para identificar las actividades y procedimientos es el análisis de los procesos a través de técnicas de diagramación las cuales permiten reducir costos en actividades innecesarias o que no agregan valor (Niebel & Freivalds, 2009) . Es así, como se realizó un diagrama de flujo para el tratamiento de fracturas expuestas, el cual permitió definir claramente un procedimiento para reducir costos de hospitalización y de cirugías innecesarias, además de generar un procedimiento base para el aprendizaje de nuevos profesionales (Sortier & Estrada, 1999). Una vez generado el procedimiento a seguir de un determinado proceso es necesario generar métricas para la evaluación, análisis y comparación del determinado proceso (Niebel & Freivalds, 2009); es así como el estudio de tiempos y movimientos facilitan la identificación de las causas por las cuales el rendimiento decae como se realizó en el estudio de rendimiento de los equipos de extracción de madera en el cuál se pudo determinar la unidad de producción a través de la diagramación del estudio de tiempos, y así comparar el desempeño de cada equipo utilizado (Alvis Gordo & Sotelo Muñoz, 2009). De igual manera el estudio de tiempos ayudó a determinar el proceso de recolección en Colombia, siendo parte principal para un proyecto de desarrollo e industrialización (Martínez Recalde, Montoya Restrepo, Vélez Zape, & Oliveros Tascón, 2005).

La planificación de la producción es una parte muy importante para la optimización de procesos y la reducción de costos de fabricación, siempre y cuando se tenga una demanda y tipo de producción preestablecida (Niebel & Freivalds, 2009). La planificación de la producción se encarga de diseñar, coordinar, controlar y administrar todas las operaciones dentro de la empresa y el propósito es diseñar una planificación de multi objetivo y mejorar utilizando paretos (Frutos - Alazard & Tohmé - Hauptmann, 2012). La planificación de requerimientos de materiales es una herramienta determinista, que se basa

en la previsión de la demanda, pero cuando el entorno está perturbado, no se desarrolla de manera correcta, por lo que ha sido necesario desarrollar una herramienta alternativa llamada programación basada en el riesgo dinámico determinado por los parámetros de la política dentro de la empresa, en varias situaciones y es probado bajo la simulación, la cual concluye que esta nueva herramienta supera al tradicional *MRP*, sin embargo se debe analizar específicamente cada empresa y su funcionamiento para su aplicabilidad (Sun, Heragu, Chen, & Spearman, 2012). Al parecer el desarrollo de una planificación de requerimientos de materias es sencilla, sin embargo esta puede complicarse debido al escenario que se presenta dentro de la planta de producción, es por esto que se ha desarrollado sistemas de *MRP* cerrados integrando incertidumbre para determinar cuál es el mejor a través de un análisis de costos para una del sector eléctrico en Colombia, esto muestra la necesidad e importancia del desarrollo de esta herramienta para adaptarla al sistema y facilitar la toma de decisiones (Arango, Cano, & Álvarez, 2012).

El Análisis de Flujo de Producción es un método cuyo proceso manual es muy extenso, sin embargo el desarrollo y aprendizaje del mismo es muy importante para la resolución de problemas de manufactura esencialmente en la consolidación de celdas de manufactura las cuales apoyan a mejorar la productividad y eficiencia en la producción; dado esto se ha desarrollado softwares que facilitan la comprensión y aplicación de estas herramientas (Flores, Rodiles, Sentiez, & Trujillo, 2010).

El rediseño del layout dentro de las empresas facilita los procesos de control y de operación; como en el caso de una empresa argentina la cual logró un incremento de la capacidad productiva en un 500%, además que se mejoró la calidad de la producción, disminución de tiempos de producción y manejo de materiales, mayor control del proceso, optimización del espacio y motivación de los empleados; esto recalca la importancia de

generar una disposición física de la planta con bases técnicas (Wiyaratin & Watanapa, 2010). La distribución de las instalaciones desordenadas provoca una baja eficiencia de la producción, por lo que, una solución es modelar una función y estructura tomando en cuenta principios de manufactura esbelta y combinarlos apropiadamente con los algoritmos de mejoramiento de instalaciones; esto logra un resultado final en las operaciones, maquinaria y resultados del proceso (Jia, LU, Wang, Jia, & Wang, 2011). Tomando en cuenta esta importancia la mayoría de instituciones dedicadas a la educación, en el continente asiático, se dedican a enseñar el modelo para diseño de instalaciones desarrollado por Muther: SLP (Owens, 2011). Este método es aplicable para cualquier industria; además, los datos utilizados de entrada proporcionan información clara, consistente y útil para su manejo, lo que se ha mantenido vigente por mucho tiempo (Owens, 2011). A pesar de que el modelo es muy versátil, la tecnología ha permitido desarrollar otros métodos para combinar más variables como los costos, o el manejo de materiales (Owens, 2011). Sin embargo, existe una investigación en donde se estudia la distribución de una planta de fabricación de hierro, utilizando la metodología SLP para incrementar la productividad (Wiyaratin & Watanapa, 2010). Este estudio establece que utilizando este método, se pudo encontrar la distancia de movimiento desde la bodega a línea de producción y se pudo reducir de 190 metros a 227 metros (Wiyaratin & Watanapa, 2010). Con estos resultados se pudo mejorar el flujo de los materiales y del trabajo de los operadores, principalmente en la estación de corte que es el principal cuello de botella en la planta (Wiyaratin & Watanapa, 2010).

La simulación de sistemas permite la comparación de alternativas para evaluar la que mejor se adapta y genera mayor eficiencia dentro de una empresa; como en el caso que se comparó dos sistemas de costos con teoría de restricciones para el control de flujo, en donde se pudo determinar las ventajas de cada uno de estos sistemas para dar una pauta y

desarrollar un sistema híbrido que maximice la eficiencia y productividad (Ortiz Flores, Nuño de la Parra, & Torres Osorio, 2008). Dados estos resultados se puede decir que la simulación de eventos discretos, es un técnica que permite crear modelos para analizar el comportamiento de un sistema, sin requerir aplicarlos en el sistema real lo que permite el análisis en diferentes circunstancias y cambios a un costo mínimo (Villanueva Castrillón, 2008). El problema de la distribución de las instalaciones, consiste en disponer de una área determinada para minimizar el costo total de la manipulación de materiales, para lo que se aplican diferentes algoritmos como el de programación entera mixta y un algoritmo heurístico desarrollado para adaptarse a las características de las estaciones y la demanda (Xiao, Seo, & Seo, 2013). La simulación se la puede utilizar para analizar varios comportamientos y situaciones, como el caso de una planta industrial en México, en la cual se utilizó la simulación para la evaluación de la capacidad de la línea de producción para el montaje de motores (McDonald, Van, & Ellib, 2011). La simulación fue utilizada para evaluar el impacto de los niveles de demanda para la producción diaria, tiempo de flujo, calidad y análisis de trabajo en los niveles de inventario (McDonald, Van, & Ellib, 2011). El autor afirma que un modelo de simulación proporciona una visión más completa de la línea de producción para facilitar su análisis y proponer mejoras significativas (McDonald, Van, & Ellib, 2011)

## **CAPÍTULO 3. DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE *DIMALVID*.**

### **3.1. Planta de Producción *DIMALVID*.**

En *DIMALVID* se elaboran puertas y ventanas a base de perfiles de PVC de procedencia Americana y Europea (Franco, *DIMALVID*, 2014). El proceso de producción inicia con el pedido del cliente para la realización de la orden de trabajo de la obra, en el cual se incluye el diseño personalizado del producto y sus especificaciones (Franco, *DIMALVID*, 2014). El producto más elaborado dentro de la planta son ventanas de PVC con diferentes sistemas (Franco, *DIMALVID*, 2014). La empresa se ha caracterizado por siempre innovar y ser pioneros en los diseños de los sistemas de ventanas. Estos sistemas se caracterizan en dos tipos: Corredizo y4 Doble Contacto; que a su vez son clasificados por su tamaño y diseño de apertura (Franco, *DIMALVID*, 2014). En el Anexo 1 y Anexo 2 se especifica los materiales que utilizan y los sistemas existentes para las ventanas de PVC, respectivamente.

En el área de producción los colaboradores son multifuncionales, lo que permite ubicarlos en cualquier estación según los pedidos que se encuentren en producción (Franco, *DIMALVID*, 2014). Las estaciones de trabajo son dirigidas por un operario y en algunos casos, como en la estación de corte hasta tres personas (Ríos, 2014). Las estaciones de trabajo son: Corte, Refuerzos y Mecanizados, Soldadura, Limpieza, Bordeado, Divisores & Acoples y Almacenamiento Producto Final (Ríos, 2014). La producción se realiza en base al pedido del cliente, por lo que se debe terminar completamente una obra para poder ser entregada. En ocasiones se realizan turnos de producción para la elaborar varias órdenes de trabajo en la misma semana (Ríos, 2014). A pesar de que la variedad de sistema es alta, el proceso de producción es similar con una

variación en el tipo de accesorios, complementos y acoples para el armado (Ríos, 2014). Al finalizar las actividades de cada estación se pasan a la estación siguiente para continuar el proceso.

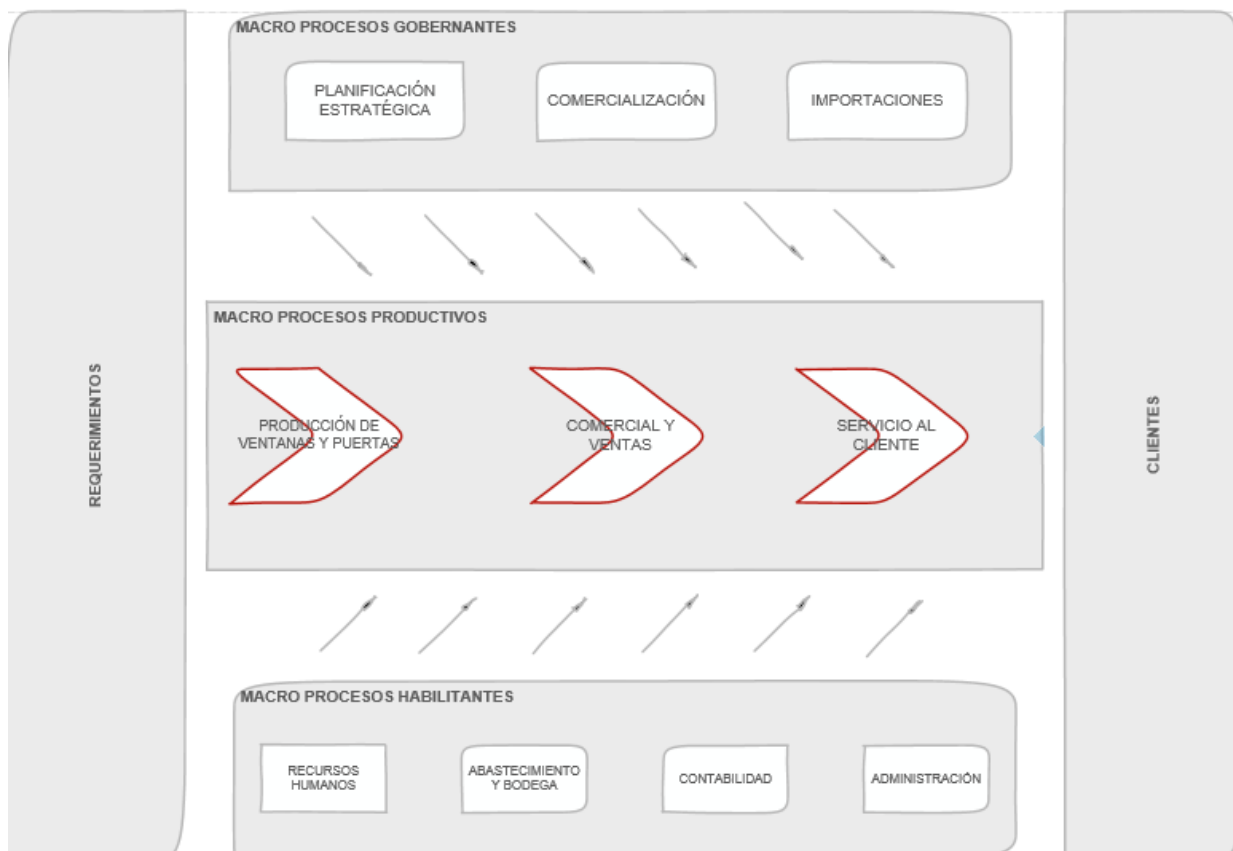
La planta se maneja únicamente bajo pedido; es decir que el proceso de producción se inicia al momento en que el que el cliente contrata los servicios de la empresa. Esto es definido como un sistema *pull* que se basa en producir una cantidad determinada de producto definida por el cliente (Fernández, 2006, pág. 109). La capacidad de las maquinarias, empleados, inventarios y en general del proceso de producción no ha sido determinada aún por lo que no se tiene métricas para evaluar el desempeño actual de la planta, sin embargo el Gerente General de la empresa estima que se fabrican alrededor de 150 metros cuadrados por semana (Franco, DIMALVID, 2014).

### 3.2. Descripción del Proceso.

Se debe establecer un enfoque específico para el análisis y desarrollo de este proyecto, por lo que se debe conocer la situación actual dentro de la empresa. A continuación se detallan los procesos generales

#### 3.2.1 Cadena de Valor.

Para identificar los procesos involucrados en generar valor para el cliente se utiliza una herramienta de diagramación, la cual permite visualizar las actividades que la organización utiliza para la generación del producto o servicio al cliente final (Osorio, 2005). En la Figura 8 se muestran los procesos gobernantes, productivos y de apoyo dentro de la empresa DIMALVID:



*Figura 8. Cadena de Valor DIMALVID*

*Fuente: DIMALVID*

*Elaboración propia*

La empresa no cuenta con una cadena de valor detallada de cada proceso, por lo cual se procedió a levantar información para definir cada nivel de la cadena de valor y poder representarla en su funcionamiento actual.

### 3.1.2 Lista Maestra de Procesos.

En la figura 9 se muestra la lista maestra de procesos y subprocesos dentro de la cadena de valor.

LISTA MAESTRA DE PROCESOS			
DIMALVID			
TIPO	PROCESOS	SUBPROCESOS	ACTIVIDADES
<b>MACRO PROCESOS GOBERNANTES</b>	<i>Planificación Estratégica</i>	Análisis de la Situación	
		Marco Estratégico	
		Planeamiento Operativo	
		Control	
	<i>Comercialización</i>	Gestión de Obras	
		Gestión de Ventas	
		Despacho	
		Entrega	
	<i>Importaciones</i>	Gestión de Compra	Validación de la información operacional y tratamientos administrativos.
		Validación de normas del Producto	Cumplimiento de normas de los proveedores y autorización de embarque.
		Gestión de Pólizas de Seguro	Contratar póliza de transporte y registrar firmas.
		Gestión de Aduanas y Transporte	Coordinar afianzado y retiro de la importación de la mercadería
			Seguimiento de booking
Verificación de mercadería y faltantes.			
Documentación y registro.			
Pago de Impuestos y nómina.			
<b>MACRO PROCESOS</b>	<i>Producción de Ventanas y</i>	Requerimiento de materias primas	Se recibe la orden de producción y cada estación va



<b>PRODUCTIVOS</b>	<i>Puertas</i>		a la bodega a retirar los materiales necesarios.
		Corte.	Se miden los perfiles y se corta de acuerdo al tamaño de las ventanas o puertas.
		Refuerzos y Mecanizados.	Se colocan los refuerzos y los mecanizados de acuerdo al tipo de ventana que se requiera.
		Soldadura.	Se sueldan los perfiles en la máquina de termo fusión.
		Limpieza.	Se retiran residuos de la soldadura y se colocan accesorios de acuerdo al tipo de sistema del producto.
		Bordeado.	Se agregan los bordes y vinil para la colocación de los vidrios. Si es una ventana fija se la transporta a almacenamiento de producto final.
		Divisores & Acoples.	Se agregan divisores en caso de que el modelo lo requiera. Se acoplan todas las partes que conforman la ventana final de acuerdo al modelo (hojas y marcos).
		Almacenamiento de producto final.	Se almacena el producto hasta que éste se complete para ser enviado.
	<i>Comercial Ventas</i>	y	Negociación
		Despacho.	

		Instalación
		Pre Venta
		Liquidación de compra
	<i>Servicio al Cliente</i>	Vinculación de clientes nuevos
		Servicio al cliente
		Administración de re procesos
<b>MACRO PROCESOS DE APOYO</b>	<i>Recursos Humanos</i>	Desarrollo humano, salario y compensaciones
	<i>Abastecimiento y bodega</i>	Entrega de Materiales
		Alerta de faltantes
		Organización y manejo de materiales
	<i>Contabilidad</i>	
<i>Administración</i>		

Figura 9. Lista Maestra de Procesos DIMALVID

*Fuente:* DIMALVID

*Elaboración propia.*

Los procesos gobernantes describen las actividades necesarias para la planificación de la producción de las puertas y ventanas. En estos se incluyen, planificación estratégica, comercialización e importaciones en los cuales se apoya el proceso de producción y

manufactura del producto final. Los procesos productivos son los necesarios para elaborar las ventanas y puertas, los cuales se dividen en siete áreas importantes que se describen posteriormente. Los procesos de apoyo son el complemento para el desarrollo y coordinación de las diferentes actividades para el cumplimiento de la planificación.

### 3.2.1 Identificación del Problema.

Se conversó con la Gerencia de la empresa para determinar los problemas que afectan la producción y su desempeño y se los organizó en un diagrama causa y efecto para identificar las principales dificultades que se presenta a continuación:

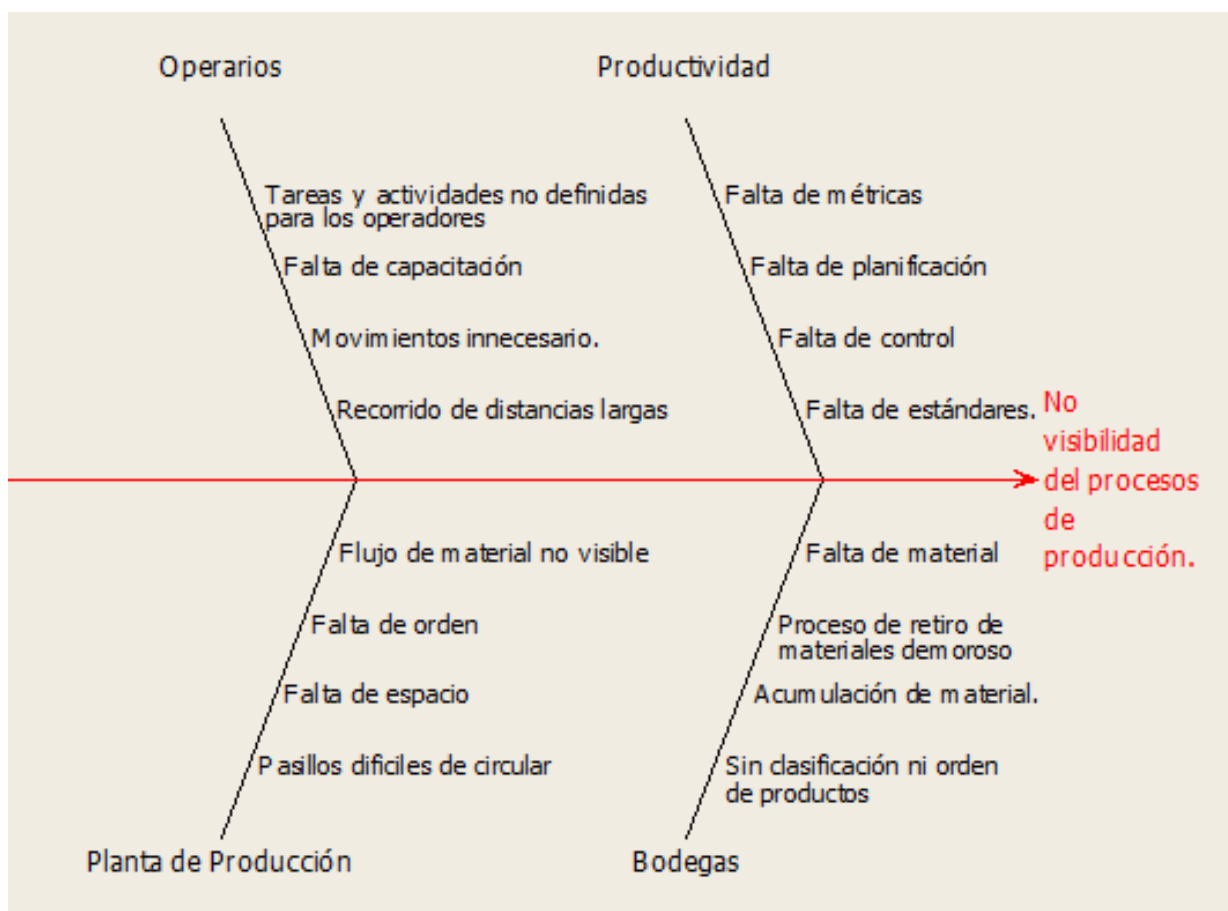


Figura 10. Diagrama Causa- Efecto DIMALVID

Elaboración propia en el programa Minitab 15

El principal problema de crecimiento para la empresa se debe a la poca visibilidad del proceso de producción, por lo que la principal causa identificada que provoca este inconveniente se debe a la falta de espacio y orden en la planta de producción debido a la mala distribución de las estaciones (Ríos, 2014). Para el inicio de las operaciones el trabajador tiene que hacer largos viajes de traslado de materiales desde la bodega, igualmente otras estaciones están alejadas de su estación subsiguiente por lo que se genera un desperdicio de tiempo el cual podría ser utilizado para agregar valor al producto. Actualmente, las bodegas que se utilizan no están correctamente manejadas por lo que existe una excesiva cantidad de materia prima, sin ninguna clasificación lo que provoca desperdicio de tiempo en actividades de búsqueda y lo que afecta directamente a la línea de producción. Sin embargo, desde el mes de Agosto del 2014 se abrirá una nueva bodega más grande, ubicada en Llano Grande; la cual permitirá traer de manera ordenada el material a la planta de producción y dejará espacio disponible para la reubicación de estaciones de trabajo.

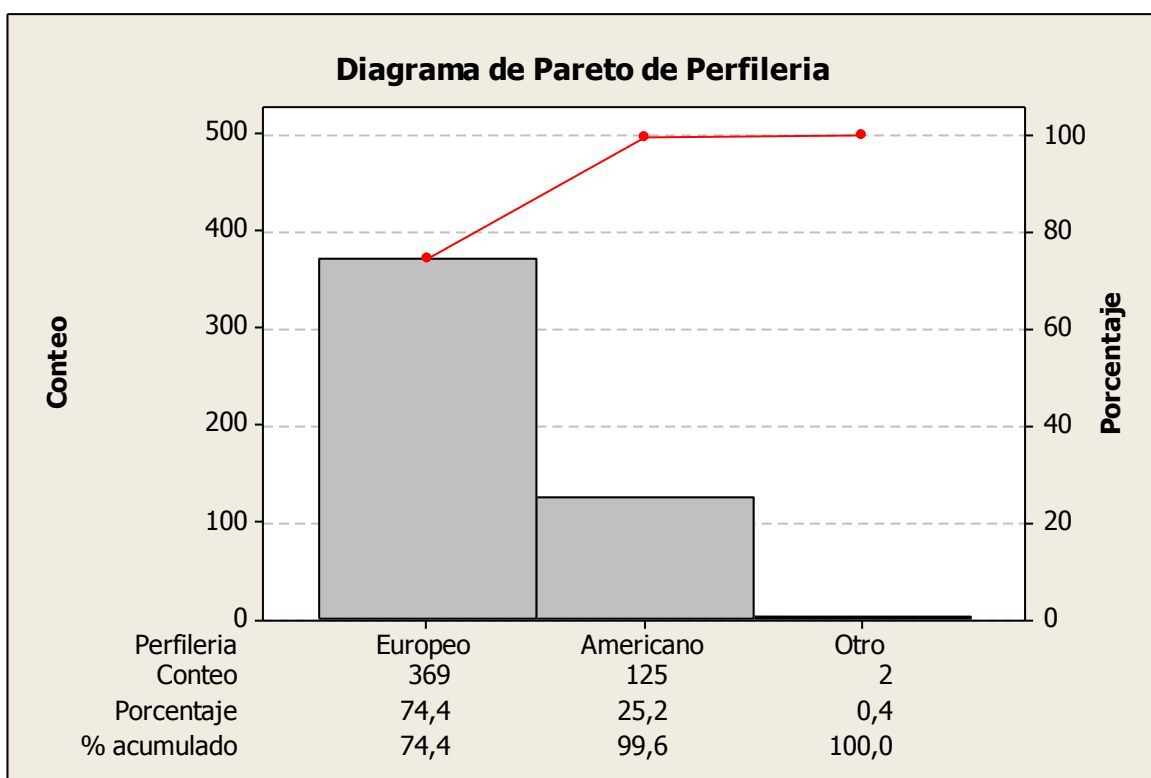
A pesar de que la planta cuenta con algunos inconvenientes, la Gerencia de determinado que el mayor problema está dado por la distribución de las estaciones dentro del área de la planta de producción (Franco, DIMALVID, 2014). Con estas condiciones se concluye, que el problema que afecta a la línea de producción, está dado por la distribución física de las estaciones dentro de la planta de producción.

### 3.3. Identificación de Productos representativos.

#### 3.3.1. Diagrama Pareto

La fabricación de puertas y ventanas de PVC siguen una misma línea de producción, sin embargo existe una diferencia entre el uso de la perfilería Americana y Europea. La perfilería Americana está hecha de un material más consistente y duro; el

ancho del perfil es estándar y menor a que el perfil Europeo. En consecuencia, este perfil difiere de algunos procedimientos al momento de fabricarla, como por ejemplo no lleva refuerzos, diferentes acabados y sistemas, entre otros. Los perfiles más versátiles y pedidos por los clientes son los de perfil Europeo en un 74.4% de los pedidos, como se muestra en el siguiente Pareto de órdenes de trabajo del último semestre del año 2013 y Enero del 2014.

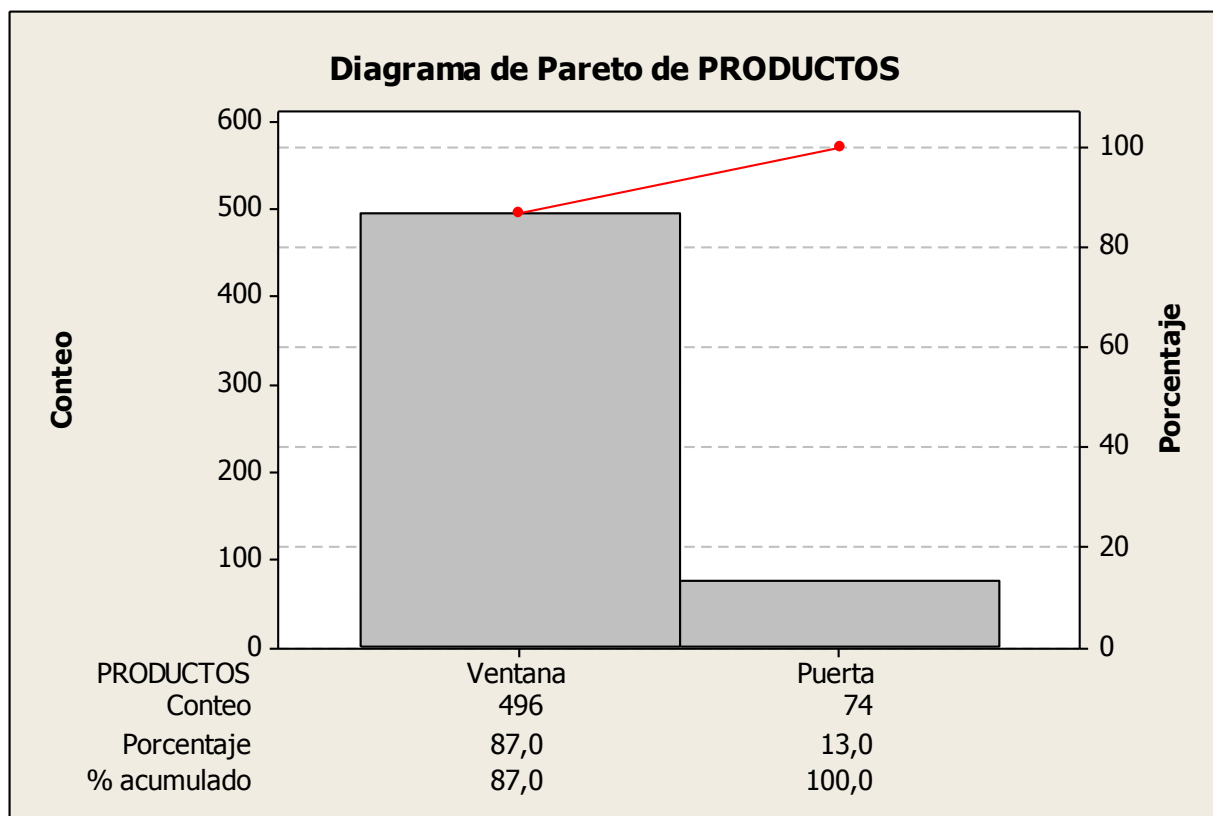


*Figura 11. Pareto Perfilería DIMALVID*

*Fuente: DIMALVID*

*Elaboración propia.*

Con la información levantada se puede también definir que el 87% de las órdenes de trabajo son para ventanas como se observa en la figura 12, a continuación:



*Figura 12. Pareto Productos DIMALVID*

*Fuente: DIMALVID*

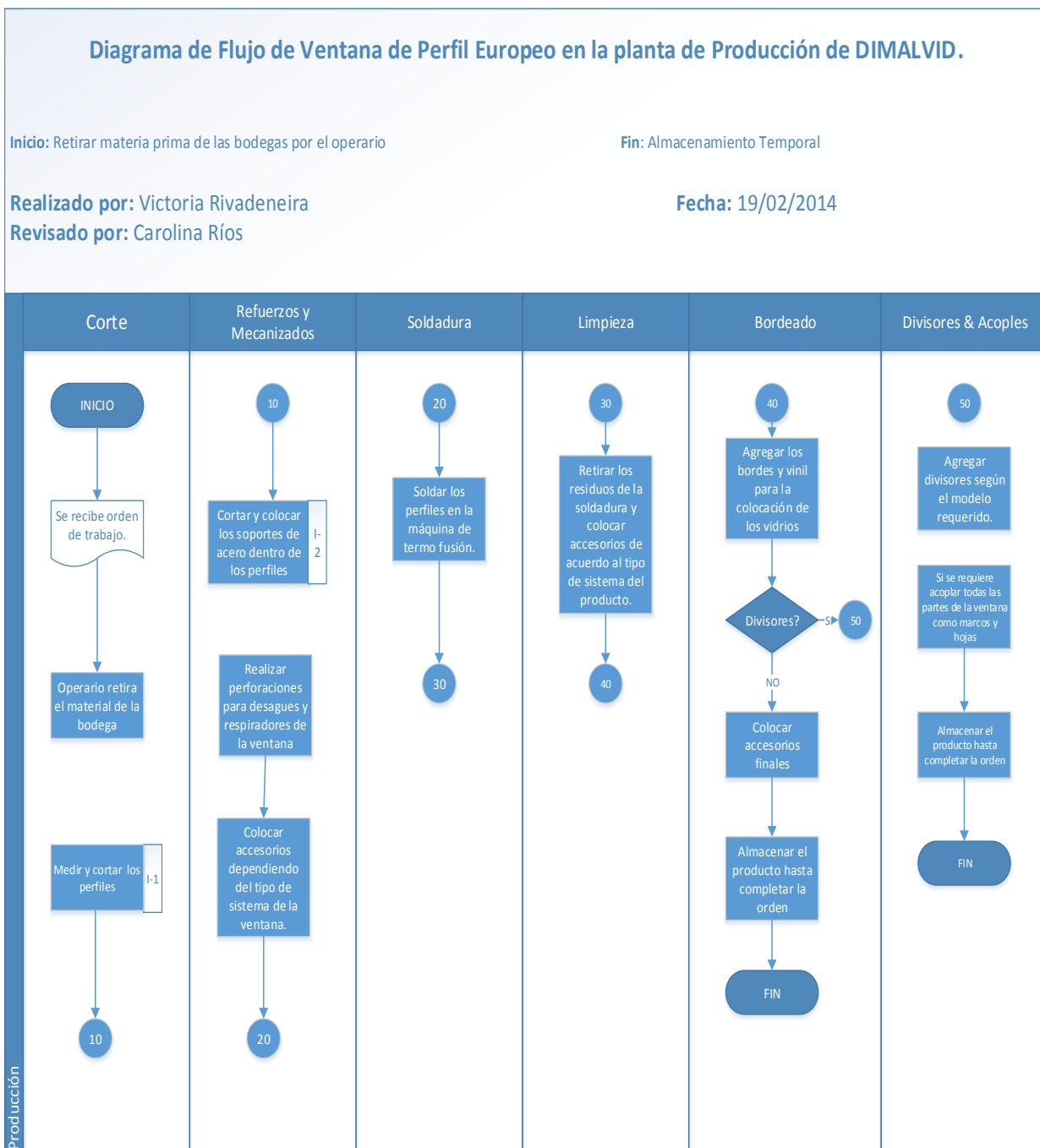
*Elaboración propia.*

A pesar de que no se recolectaron datos significativos de todo el año, esta información ha sido validada como acertada por Carolina Ríos, Jefa de Producción; Xavier Barahona, Asesor Comercial; y Daniel Franco, Gerente Comercial de DIMALVID. El Gerente Comercial también afirmó que las ventas de la empresa son estables durante todo el año, y que la muestra obtenida sí representa a las órdenes de trabajo de la empresa a lo largo del año (Franco, DIMALVID, 2014). En consecuencia, el estudio se dirigirá a ventanas elaboradas en base de los perfiles Europeos.

### 3.2.2.2 Descripción del Proceso de Ventanas de PVC Europeo.

La planta de producción de DIMALVID está conformada por seis procesos que son: Corte, Refuerzos y Mecanizado, Soldadura, Limpieza, Bordeado y Divisores & Acoples. El proceso se inicia con la entrega de la orden de trabajo para que el operario pueda dirigirse a bodega para recolectar el material necesario e iniciar con la producción de la ventana. En esta estación se cortan todos los perfiles necesarios para la elaboración de la orden de trabajo entregada. Posterior al corte, los perfiles pasan a la estación de refuerzos y mecanizados en donde se realizan perforaciones para los respiradores y desagües, además se cortan los refuerzos y se los coloca dentro de los perfiles ajustándolos con tornillos cada veinte centímetros. Dependiendo del sistema de ventana en esta estación también se agregan ciertos tipos de accesorios. A continuación, se sueldan los perfiles entre sí en la máquina de termo fusión. Dado que la soldadura deja residuos, las ventanas ya armadas pasan al área de limpieza, en donde la rebaba es eliminada, para después agregar los accesorios finales de la ventana. Por último, la ventana pasa al área de bordeado en donde se agrega el vinil y los bordes para sostener el vidrio de la ventana, también si el modelo lo requiere, se agregan divisores. Una vez terminada la ventana se la almacena temporalmente hasta terminar con toda la orden de trabajo para ser enviada a la obra.

En la siguiente figura, se muestra el diagrama de flujo para la producción de ventanas de PVC Europeo.



*Figura 13. Diagrama de Flujo Ventanas PVC Europeo DIMALVID*

*Fuente: DIMALVID*

*Elaboración propia*



### 3.2.2.3. Descripción de las estaciones de trabajo del área de Producción en DIMALVID.

A continuación se detallan cada una de las estaciones, sus equipos, herramientas y personal:

#### 3.2.2.3.1. Bodega Principal.

La bodega actual de perfilería de la empresa se encuentra ubicada en el segundo piso del edificio. No se maneja ningún tipo de clasificación ni orden. Cuando los materiales llegan son subidos con poleas hasta el segundo piso y almacenado en el lugar que esté disponible (Ríos, 2014).

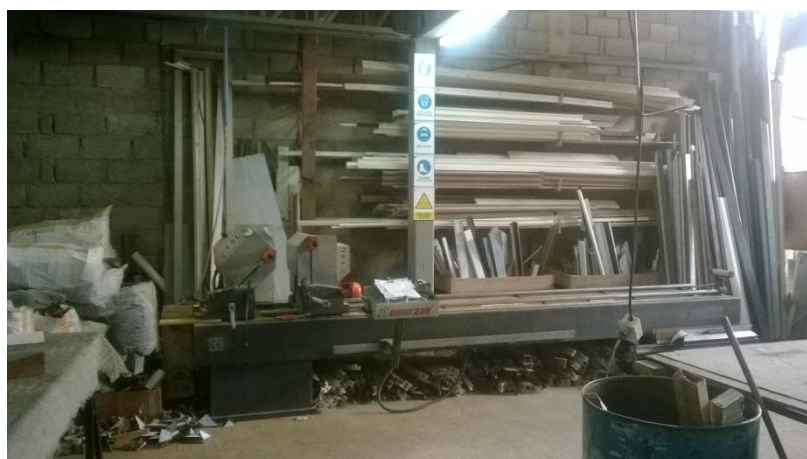
Para transportar los perfiles hasta las estaciones de trabajo se utilizan poleas ya que la vía de acceso a este lugar es una escalera de madera de un metro. El descenso puede ser realizado con un operador que usualmente es el encargado de la estación de corte, sin embargo a veces se requiere hasta tres operarios para bajar el material. El material existente en esta bodega principal abastece las estaciones de Corte, Bordeo y Divisores & Acoples. Además de esta bodega principal, se cuenta con dos bodegas externas de la empresa donde también se ubica material. Estas bodegas están ubicadas a 80 y 200 metros de las instalaciones de la empresa (Ríos, 2014).

#### 3.2.2.3.2. Bodega de Accesorios.

En esta bodega se almacena todo tipo de accesorios como ruedas, bisagras, cremonas entre otros. Además se almacenan tornillos, y productos necesarios para la correcta instalación de ventanas como la silicona. Esta estación se encuentra ubicada en la planta de producción debido a que los trabajadores deben ir a este lugar para realizar el pedido de los materiales y tener la orden para sacarlos de la bodega.

### 3.2.2.3.3. Corte Principal

La estación de corte principal es la que siempre se encuentra funcionando en la planta. Para esta estación se requiere un personal capacitado y con experiencia ya el material utilizado es delicado. La estación cuenta con una parte para almacenamiento temporal de perfiles, sin embargo cuando está lleno se lo ubica en el piso. El cortador inicia su actividad contabilizando los metros necesarios para cada orden, posteriormente realiza el requerimiento a bodega para que se pueda generar un orden de salida del material. Se baja el material, se calibra la máquina con las dimensiones de las ventanas de la orden y se las corta. Una vez cortada cada parte de la ventana se la codifica y se coloca las partes juntas de una ventana en el almacenamiento temporal para ser recogidas por el operario en soldadura. Primero se realizan los marcos de cada ventana y luego se cortan las partes internas. En esta estación se encuentra una máquina cortadora especializada en perfilería europea: ELUMATEC DHC – 374/02, la cual realiza el corte con los ángulos exactos evitando desperdicios para este tipo de perfil.



*Figura 14. Estación de Corte Principal*

*Fuente: DIMALVID*

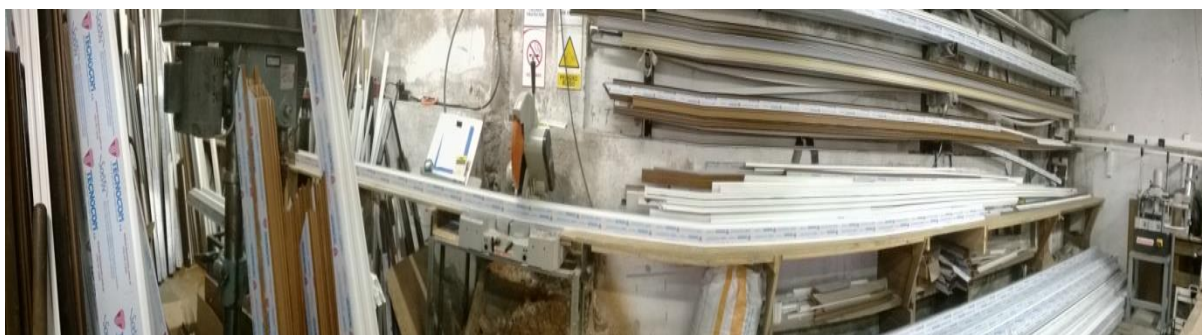
#### 3.2.2.3.4. Corte II

En esta estación de trabajo se realiza el corte a perfilería europea de color blanco, principalmente, y de aluminio. También, cuenta con una mesa de trabajo y un lugar establecido para almacenamiento temporal de perfiles. Los perfiles se colocan sobre esta mesa antes de ser transportados al área de soldadura. Existe un solo operario para esta estación que maneja una sierra automática para realizar los cortes. Al finalizar los cortes el operario los debe codificar, y agrupar las partes por cada ventana, para después transportarlas a cualquier estación de soldadura. Esta estación cuenta con las herramientas necesarias para fabricar todo tipo de puertas y ventanas de aluminio, desde el corte hasta el producto final en este material. Cuenta con un tipo de sierra para el aluminio, fresadora y herramientas para acabados de aluminio.



*Figura 15. Estación de Corte II*

*Fuente: DIMALVID*



*Figura 16. Estación de Corte II (Continuación)*

*Fuente: DIMALVID*

### 3.2.2.3.5. Soldadura I

La estación de Soldadura I siempre se encuentra funcionando. El operario encargado retira las ventanas agrupadas en una esquina por el operario de corte, las ubica sobre la mesa de trabajo, las identifica, realiza los huecos, cremonas, desagües o huecos requeridos para los accesorios y las vuelve a medir para dirigirse a la estación de refuerzos. Una vez obtenidos los refuerzos los a sujeta con tornillos con un taladro neumático cada veinte centímetros dejando una holgura interior de 2 cm para no afectar la soldadura. Posteriormente, introduce los accesorios como ruedas y a sujetadores y suelda las partes en una soldadura de dos cabezas de termo fusión automática ELUMATEC DHW – 372/02. Al completar las cuatro partes de la ventana, ésta es colocada en un espacio de almacenamiento temporal; sin embargo, no existe algún orden o espacio específico para organizarlo.



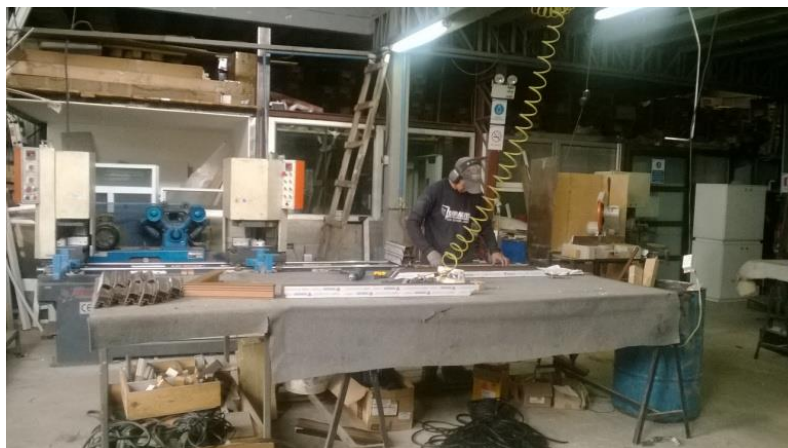
*Figura 17. Estación de Soldadura I*

*Fuente: DIMALVID*

### 3.2.2.3.6. Soldadura II

Esta estación funciona de la misma manera que la estación anterior; sin embargo no siempre está funcionando. Existe una soldadora de dos cabezas como en la estación de Soldadura I, y en ciertas ocasiones se ubica una soldadora de una cabeza ELUMATEC

SHW – 372/01. Esta soldadora es utilizada para perfil americano, el cual requiere otro tipo de tratamiento de temperatura y presión; y para el europeo.



*Figura 18. Estación de Soldadura II*

*Fuente: DIMALVID*

#### 3.2.2.3.7. Refuerzos

La estación de refuerzos está formada por dos partes, el almacenamiento de refuerzos y el corte de refuerzos. Una vez que el soldador conoce las medidas de los refuerzos se moviliza a la zona de almacenamiento de refuerzos para llevarlos donde se encuentra la sierra, y poderlos cortar. El soldador corta los refuerzos según la medida de las ventanas y realiza orificios según el diseño del perfil. Una vez cortados, los transporta a soldadura y continúa con el proceso de soldadura.



*Figura 19. Estación de Refuerzos*

*Fuente: DIMALVID*





*Figura 20. Estación de Refuerzos (Continuación)*

*Fuente: DIMALVID*

#### 3.2.2.3.8. Limpieza

Para el área de limpieza se ubican cinco mesas de trabajo, cada una con un operario. Cada operario debe dirigirse hacia el lugar donde el soldador ubicó la ventana y la llevan a pie hasta su mesa de trabajo, donde con la ayuda de ciertos productos y herramientas, realizan la limpieza de las rebabas de la soldadura y pequeñas imperfecciones. Esta estación de trabajo cuenta con una sierra para cortar ciertos tipos de rebabas y un área de almacenamiento temporal de perfilería. Una vez terminada la limpieza de la venta se la coloca dentro de la estación de bordeado. Esta estación varia el número de mesas entre 3 y 5 mesas trabajando al mismo tiempo.



*Figura 21. Estación de Limpieza*

*Fuente: DIMALVID*

### 3.2.2.3.9. Bordeado

En la estación de bordeado se agrega el vinil y el borde para sostener el vidrio. El material necesario se encuentra debajo de la mesa o en la bodega de accesorios y los bordes son ubicados en un espacio improvisado junto a la sierra, lo cual es utilizada para cortar los bordes según la especificación de la ventana. La estación cuenta con dos herramientas para cortar: una sierra manual y una sierra especializada que corta cierto tipo de bordes según su ancho. Una vez terminado el operario realiza una lista de los vidrios requeridos en cada ventana y si el modelo lo amerita la ventana pasa a la siguiente estación de Divisiones & Acoples. En esta estación normalmente trabajan dos operarios.



*Figura 22. Estación de Bordeado*

*Fuente: DIMALVID*



*Figura 23. Estación de Bordeado (Continuación)*

*Fuente: DIMALVID*



*Figura 24. Estación de Bordeado (Continuación)*

*Fuente: DIMALVID*

#### 3.2.2.3.10. Divisores & Acoples

En la estación de Divisores & Acoples se utilizan dos mesas de trabajo y una sierra para cortar diferentes accesorios y divisores. En esta estación se realizan los divisores en caso de requerirlo y se arma el tipo de ventana completa; es decir, se acoplan las partes internas de la ventana en su respectivo marco. Se usa un taladro neumático para realizar los ajustes. Finalmente, la ventana completa es llevada al almacenamiento de producto final para su posterior despacho.





*Figura 25. Estación de Divisores & Acoples*

*Fuente: DIMALVID*



*Figura 26. Estación de Divisores & Acoples (Continuación)*

*Fuente: DIMALVID*

#### 3.2.2.3.11. Almacenamiento Producto Final

En esta estación las unidades son acomodadas para su despacho. Este lugar se encuentra ubicado alrededor de la rampa para los autos. No se tiene un orden específico ni algún cuidado en las ventanas.

A continuación se ilustra de mejor manera la posición actual de cada estación de trabajo dentro de la planta de producción de la empresa.

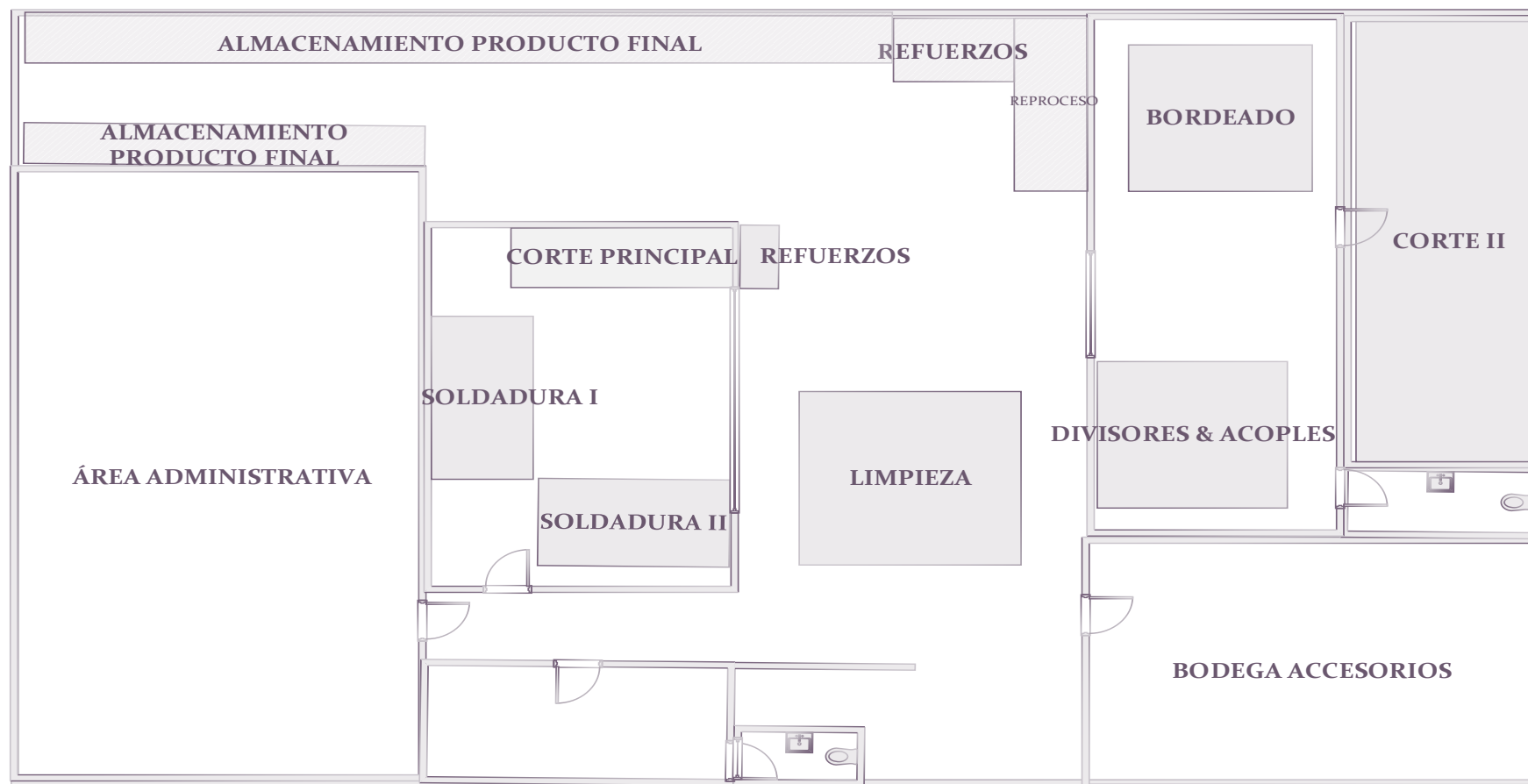


Figura 27. Layout Actual DIMALVID

Fuente: DIMALVID.

### 3.3. Medición del Flujo, Espacio y Las Relaciones de las Actividades.

Para iniciar con la planeación del layout de la planta de producción de DIMALVID, se debe conocer los requerimientos de la planta, por lo que se debe tomar en cuenta tres consideraciones importantes: el flujo, el espacio y las relaciones de las actividades (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, p. 79). Para realizar la planificación se debe reconocer y comprender las relaciones que existen entre estas consideraciones. Dentro de la planta de producción de la empresa DIMALVID se ha reconocido que la disposición actual se maneja a través de procesos, sin embargo la agrupación de procesos similares no se ha dado correctamente lo que ha provocado desorden y confusión para los operadores.

Para poder cuantificar la situación actual de la empresa es necesario conocer estas relaciones mencionadas anteriormente para expresarlas de forma cuantitativa y cualitativa.

#### 3.3.1. Medición del el Flujo.

El flujo depende de cómo se realicen las actividades dentro de la planta; es decir el tamaño de la carga unitaria, los equipos que se utilicen, las estrategias de manejo de materiales y la configuración física del lugar (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, p. 101). Una de las formas de medir el flujo es a través de la cuantificación de movimientos por hora, ya sea del material, información o personal. Este flujo es discreto ya que evalúa términos individuales y no perpetuos. Siempre el proceso de flujo se describe en términos del ítem que se procesara (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, p. 103).

Tompkins (2006), afirma que para evaluar las disposiciones alternas se debe establecer una medida de flujo cuantitativa o cualitativa. Para este caso se realizarán los dos tipos de mediciones basándose en la cantidad de viajes que realiza un operario, desde su estación hacia otra en una jornada de trabajo, ya que las partes de las ventanas son

equivalentes en relación de transporte. Para la medición cuantitativa se utiliza una matriz Desde – Hacia para el flujo y para la distancia recorrida entre estaciones de trabajo que se muestra en el Anexo 3 y Anexo 4 respectivamente. El criterio para optimizar la disposición es, mientras existan mayor número de viajes la distancia deberá minimizarse (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006). La distancia se midió en metros y se lo realizó utilizando la herramienta *AutoCAD 2010*, a través de la ubicación de los centroides de cada estación.

Para obtener los valores de flujo, se realizaron observaciones diarias para determinar el número de viajes entre cada estación. Los datos recolectados se obtuvieron a través de medidas estadísticas de centralización, las cuales indican alrededor de que valor los datos están distribuidos (Montgomery & Runger, 2004, p. 5). Y se obtuvo la media aritmética, el rango, mediana y la moda los cuales confirmaron que el valor presentado en el Anexo 3, es confiable y seguro para determinarlo como el real para el estudio de la propuesta de distribución en el área de producción. De igual manera, se puede observar que el 90% de los datos obtenidos se encuentran sobre el valor del flujo, lo que corrobora con las medidas de centralización calculadas. Los valores y los cálculos de las medidas de centralización se muestran en el Anexo 5.

### 3.3.2. Relaciones de las Actividades.

Estas relaciones se definen en base a los resultados de la medición del flujo de material, información o personas, las condiciones ambientales y la estructura organizacional, procesos, entre otros; por lo tanto las relaciones de las actividades son la base principal para la toma de decisiones en el proceso de planificación de la planta (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 107).

La medición de las relaciones de las actividades es una medición de forma cualitativa en la que se utiliza los valores de cercanía de relación desarrollados por Muther (2007). Richard Muther sugiere que se debe definir los criterios para asignar las relaciones de cercanía en base al flujo que se ha cuantificado, para así establecer el valor de la relación y la razón entre las estaciones de trabajo. Por lo que las asignaciones de proximidad están dadas en base al flujo que existen entre las estaciones de trabajo. De esta manera, se determinó un rango de pesos para poder asignar una letra de valor de cercanía a cada uno de los flujos salientes de cada área. El rango se determinó de acuerdo a los valores mínimo y máximo de la tabla de flujo Desde – Hacia, siendo 30 el número máximo de viajes realizados y 2 el número mínimo. Debido a la variedad de los datos se asignó frecuencias que reflejan la importancia de cercanía de acuerdo a los pesos existentes. En la tabla 7 se describe las asignaciones de las letras a los flujos.

*Tabla 7. Valores de Relaciones de las Actividades*

Número de Viajes		Letra	Cercanía
Desde	Hasta		
15	30	A	Absolutamente Necesaria
10	14	E	Muy importante
5	9	I	Importante
1	4	O	Está bien, una cercanía normal
0		U	No es importante
0		X	No es conveniente

*Elaboración propia.*

Tabla 8. Código en Tabla de Las Relaciones de Actividades

Código	Razón
1	Flujo de Información alta
2	Flujo de información mediano
3	Flujo de información baja

*Elaboración propia.*

La tabla de relaciones obtenida se presenta en el Anexo 6. La asignación de las letras U y X se determinó según las entrevistas y criterios de los operadores y encargados del área de producción, ya que en estas estaciones no existe flujo de viajes de los operarios. Sin embargo, en algunas estaciones el flujo de información si es importante debido a las especificaciones del producto.

### 3.3.3. Espacio Actual en la Planta.

El espacio está dado por el tamaño de los lotes que se producen, el equipo, políticas de cuidado y organización de la planta de producción (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006). Por esta razón es necesario conocer el espacio disponible actual y el espacio necesario para cada estación de trabajo.

El edificio cuenta con un área total de  $750 m^2$ , en la cual se dispone de una área de  $594 m^2$  para la producción, sin tomar en cuenta las áreas de la Bodega Principal, la Bodega de Accesorios y Almacenamiento de Producto Final. Las áreas para cada estación de trabajo no han sido determinadas, por lo que se realizará la especificación de cada estación de trabajo según los criterios de Tompkins (2006, p 110).

La productividad de las estaciones de trabajo está estrechamente relacionada con la productividad de la empresa (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006). Es así, que el espacio para la estación de trabajo debe incluir espacio para el equipo, materiales y el personal, desplazamiento de las máquinas y mantenimiento (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 111). Para determinar estas cantidades se ha considerado la carga unitaria como una orden de trabajo de 20 ventanas, en las cuales se incluyen todos los marcos y todas las partes internas. En la siguiente tabla se muestra los espacios actuales de cada estación de trabajo:

*Tabla 9. Espacios Actuales de Estaciones de Trabajo.*

<b>Nomenclatura</b>	<b>Estaciones de Trabajo</b>	<b>Área <math>m^2</math></b>
1	<b>Bodega Principal</b>	140,49
2	<b>Corte Principal</b>	27,34
3	<b>Corte II</b>	39,64
4	<b>Soldadura I</b>	33,84
5	<b>Soldadura II</b>	18,40
6	<b>Refuerzos</b>	3,83
7	<b>Limpieza</b>	89,10
8	<b>Bodega Accesorios</b>	54,00
9	<b>Bordeado</b>	37,90
10	<b>Divisores &amp; Acoples</b>	32,07
11	<b>Almacenamiento Producto Final</b>	61,05

*Fuente: DIMALVID*

*Elaboración Propia.*

El total de las áreas de las estaciones de trabajo es de  $537 m^2$ . Si solo contabilizamos las estaciones de trabajo que se pueden modificar y planificar, el área total

actual es de 282 m<sup>2</sup>. Es importante mencionar que ha esta medición no se ha tomado en cuenta una estación para elaborar ventanas de perfil Americano, y que se está incluyendo espacio para la estación de elaboración de ventanas y puertas de aluminio.

Dado que el espacio de cada estación de trabajo es esencial para el cálculo de las dimensiones de planificación del layout, se agrupará las estaciones que realicen actividades similares como lo sugiere Tompkins (2006) y se determinará los espacios requeridos según equipo, materiales y personal que se muestran a continuación.

*Tabla 10. Espacio Necesarios.*

Nomenclatura	Estaciones de Trabajo		Área	
1	<b>Bodega Principal</b>		<b>140,49</b>	
2	<b>CORTE</b>	Corte Principal	23,57	<b>51,84</b>
		Corte II	31,79	
3	<b>SOLDADURA</b>	Soldadura I	24,52	<b>55,52</b>
		Soldadura II	24,52	
		Refuerzos	3,83	
4	<b>Limpieza</b>		32,55	
5	<b>Bodega Accesorios</b>		54,00	
6	<b>Bordeado</b>		23,98	
7	<b>Divisores &amp; Acoples</b>		22,64	
8	<b>Almacenamiento Producto Final</b>		61,05	

*Elaboración Propia.*



Posteriormente, se analizará la disposición interna de las estaciones de trabajo que se han agrupado. De esta manera, al combinar estas operaciones, se cumple con un criterio de minimizar el flujo y reducir el espacio dado; en total se disminuyen  $102 m^2$  del área total actual (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006)

Es importante considerar los requerimientos de servicios para cada área de trabajo, en el Anexo 7 se muestran cada hoja de requerimiento de servicio y área.

#### 3.4. Análisis del Estudio del Layout Actual de DIMALVID.

Para conocer cómo afectan el número de viajes de los operadores dentro del área de producción se realizó un diagrama de espagueti que se muestra en el Anexo 7, donde se puede observar el recorrido que realizan los trabajadores durante todo el proceso productivo (Niebel & Freivalds, 2009). Como se mostró en la tabla Desde – Hacia de las distancias, existen recorridos largos realizados por los trabajadores de una estación a otra. Estas distancias son recorridas a pie, con ayuda de poleas, entre otros; y, en la mayoría de casos transportando material, por lo que generan pérdida de tiempo productivo en la planta. Como consecuencia se genera costos de transporte y pérdida de dinero para la empresa ya que el tiempo no se lo aprovecha de manera eficiente ni genera valor para el producto final, por lo que debe ser minimizado.

Los costos de cada viaje se establecen como  $c_{ij} = 1$ , debido a que los valores de cada costo son dependientes de la utilización de equipo y/o personal y la Gerencia quiere enfocarse solo en el viaje total de los operarios en la planta (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, p. 312). Por lo tanto, se prioriza la evaluación de la disposición a través del objetivo basado en adyacencias, que se muestra en la sección 2.1.6.2.1. De esta manera, se la utilizará para el cálculo de la eficiencia relativa de la disposición actual (Tompkins,

White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 312). Se considera las estaciones que están juntas dentro de la disposición y les asigna un valor de  $x_{ij} = 1$ , como se observa en el Anexo 10 y utilizando los valores de flujo en la tabla Desde – Hacia.

El resultado obtenido es de 126 viajes, lo que quiere decir que muchas estaciones que están adyacentes no comparten flujo y viceversa. Esto representa desperdicio de movimientos por parte de los operarios ya que las que comparten flujo no están juntas, provocando desplazamientos largos de los operarios y tiempo no productivo. Con este valor se puede determinar la eficiencia de la disposición existente en la actualidad, mediante el uso de la siguiente ecuación para la calificación de la adyacencia normalizada:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij}}$$

(Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, p. 312)

De esta manera se tiene un valor de  $z = \frac{126}{348}$ , es decir  $z = 36.20\%$  de eficiencia, lo que representa el cociente entre el flujo existente (número de viajes) entre las estaciones que están juntas entre ellas, y el total del flujo en la línea de producción. El porcentaje obtenido es una cantidad baja, por lo que se tiene un gran potencial para realizar mejoras. De esta manera, se toma en cuenta que para mejorar la eficiencia actual de la planta se debe juntar las operaciones que comparten flujo y que son similares en sus actividades (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 313).

Después del análisis de los datos obtenidos, se procede a elaborar propuestas de mejoramiento que ayuden a reducir los problemas identificados de la empresa actualmente, tales como las grandes distancias de viaje recorrido por los operarios entre las estaciones de

trabajo. Para esto, se expondrán propuestas a través de dos métodos: SLP, CRAFT, BLOCPLAN y MULTIPLE para optimizar las distancias recorridas por los trabajadores y obtener una mayor eficiencia de la disposición para así reducir las distancias de desplazamiento de los trabajadores.

### 3.5. Rediseño del área de Producción de DIMALVID.

Según Tompkins (2006) para realizar una nueva disposición de la planta de producción de DIMALVID, es necesario conocer datos importantes como el flujo total entre cada una de las estaciones, las distancias que existan entre las mismas y un costo asociado al desplazamiento de los operarios entre las estaciones. Estos datos fueron determinados y expuestos en las secciones anteriores.

La eficiencia nominal de la disposición actual es de 36.20%, el cual será comparado con cada una de las propuestas de mejoramiento.

De esta forma, se emplearán algoritmos de diseño como el SLP y de mejoramiento del layout actual como el CRAFT, de mejoramiento y construcción BLOCPLAN, y MULTIPLE dado a que existe una distribución estructurada y ésta requiere de mejoramiento. Aplicar un algoritmo de diseño de plantas industriales desde cero no es aplicable dado que implica una gran inversión e investigación por parte de la organización y la Gerencia necesita una solución basado en lo que está operando actualmente.

Con estos procedimientos se busca obtener varias alternativas de la distribución del área de producción, con sus costos para poder comparar con la disposición actual y los beneficios que generarían, y así escoger la mejor propuesta para la empresa.

### 3.5.1. Consideraciones para el rediseño del área de producción.

Como se menciona anteriormente, desde el mes de Agosto del 2014, se abrirán nuevas Bodegas en el Sector de Llano Grande y únicamente se utilizará la bodega que se encuentra en la segunda planta del área de producción. Se ha acordado con la Gerencia que este espacio será dedicado únicamente para el almacenamiento de materia prima y no podrá ubicarse ningún procedimiento del proceso de producción debido a que el área no es propicia para las actividades necesarias. Además, para el rediseño del área de producción no se considera el espacio total de la bodega principal, sino, un espacio de acceso a la bodega que permita bajar los perfiles y materiales sin obstruir pasillos y otras estaciones de trabajo; por lo tanto, se ha determinado que el área para el acceso a bodega principal debe de ser de  $12 m^2$ .

### 3.5.2. Procedimiento SLP

Esta metodología fue desarrollada por Muther, y emplea como base el diagrama de relaciones de actividades que se muestra en el Anexo 6 (Muther, 1968). A partir de los datos obtenidos del área de producción actual, se realiza un análisis de cada una de las estaciones para determinar el espacio necesario, como se muestra en la Tabla 9. Espacios Actuales de Estaciones de Trabajo en las secciones anteriores. Con esto se elabora el diagrama de relaciones, en el cual se incluyen las ubicaciones de cada una de las estaciones sin usar su tamaño real y se conectan mediante líneas de diferente grosor dependiendo del flujo que existe entre cada una de estas (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, p. 309). En el Anexo 11 se muestra el diagrama de relaciones sin considerar el espacio, y en el Anexo 12 se presenta el diagrama de relaciones de espacio.

A continuación, se relacionan los departamentos de acuerdo a la calificación que ha sido dada en la tabla de relaciones de actividades iniciando por la de calificación A, E, I, O, U y X. Una vez obtenida la eficiencia de esta primera alternativa propuesta que se exponen en el Anexo 13 (Matai, Singh, & Mittal, 2010, pp. 81-106).

La eficiencia nominal de esta propuesta es del 75.86%. Este valor es considerable en comparación con el del actual, es decir que se pudo disminuir la distancia del recorrido de los operadores y se maximizaron el número de estaciones adyacente, haciendo más eficiente el uso del tiempo productivo. De todas formas se compara este valor con el siguiente algoritmo.

En la propuesta por el SLP, se encuentran espacios vacíos dentro de la nueva propuesta; sin embargo, estos espacios serán dispuestos por la Gerencia para establecer dos estaciones de fabricación de puertas y ventanas de aluminio y otra estación de fabricación de ventanas de PVC americano, además de servicios de requerimiento del personal como baños, vestidores, comedor, etc.

### 3.5.3. Método CRAFT.

La segunda propuesta de layout es desarrollada con los lineamientos del algoritmo de mejoramiento CRAFT. Este algoritmo requiere una disposición previa para su inicio, por lo que se utilizará los datos de flujos, distancias y costos actuales (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 321).

Con la información actual, se utiliza un complemento (*add in*) para *layouts* de instalaciones de *Microsoft Excel*. Esta herramienta fue desarrollada por la Universidad de

Texas en Austin<sup>1</sup>. Con la ayuda de esta herramienta informática se facilita el uso del algoritmo de este método. Para iniciar se ingresa los datos iniciales de la disposición actual como: número y nombre de las estaciones de trabajo, dimensión de las estaciones e instalación, unidad de escala, largo y ancho de cada una de las áreas de trabajo, además se determina si los departamentos son fijos o variables (Jense, 2004). En la siguiente figura se presentan los datos iniciales de este complemento.


**Layout Data**

Problem Name:

Number Depts.:

Fixed Points:

Dimension:

 **Define Facility**

**Facility Information**

Scale-m/unit	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="Cells"/>
Length-m	<input type="text" value="31,65"/>	<input type="text" value="31,65"/>
Width-m	<input type="text" value="18,75"/>	<input type="text" value="18,75"/>
Area-sq.m	<input type="text" value="593,4"/>	<input type="text" value="593,4"/>

**Department Information**

	Name	F/V	Area	Cells
Dept. 1	Bodeg	F	12	12
Dept. 2	Corte F	V	27,34	28
Dept. 3	Corte II	V	39,64	40
Dept. 4	Soldad	V	33,84	34
Dept. 5	Soldad	V	18,4	19
Dept. 6	Refuerz	V	3,83	4
Dept. 7	Limpiez	V	89,1	90
Dept. 8	Bodeg	F	54	54
Dept. 9	Bordes	V	37,9	38
Dept. 10	Div & A	V	32,07	33
Dept. 11	Almacé	V	61,05	62

Figura 28. Datos Iniciales para Add In

Fuente: (Jense, 2004)

<sup>1</sup> Add in obtenido de:

[https://www.me.utexas.edu/~jensen/ORMM/omie/computation/unit/lay\\_add/lay\\_add.html](https://www.me.utexas.edu/~jensen/ORMM/omie/computation/unit/lay_add/lay_add.html)

El algoritmo de CRAFT determina los departamentos a formas no rectangulares y la disposición se presenta de manera discreta como se observa en la ilustración anterior (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 322). Sus limitaciones son que en cada iteración intercambia departamentos que se encuentren adyacentes, y solo toma en cuenta si tienen el mismo tamaño para realizar el cambio (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 323). De igual manera el máximo de estaciones a optimizar es de 50 áreas de trabajo. Este algoritmo permite mejorar la disposición con los datos actuales o con resultados desarrollados por otros algoritmos (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, p. 321). Considerando esto, se define la disposición inicial, como la que se tiene actualmente. Se presenta las 11 estaciones de trabajo, cada una con sus respectivos espacios actuales. Así, se establece la escala a utilizar igual a uno, dividiendo el layout en cuadrículas de 1 metro por 1 metro. De igual manera, el cambio de lugar de la bodega de accesorios y el área de acceso a la bodega principal, no es posible por lo que se las define como fijas para que no sean intercambiadas por el algoritmo. La instalación actual definida para el algoritmo se muestra a continuación.

Figura 29. Definir la instalación para el complemento del Algoritmo CRAFT

Fuente: (Jense, 2004)

Para definir el algoritmo se debe escoger la opción de *Traditional Craft* y se escoge la solución inicial en blanco para poder plantear el *layout* del área de producción actual. En este cuadro se puede observar el tamaño de la instalación y la distancia calculada por el algoritmo. La cual debe ser la misma que la basada en la función objetivo utilizada para las demás propuestas, es decir una trayectoria rectilínea entre los centroides de las diferentes estaciones.

A continuación, se ubica cada una de las estaciones dentro del área asignada, según su tamaño como se muestra en la siguiente figura.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
5	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8
6	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8
7	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
14	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
15	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
16	6	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
17	6	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
18	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
19	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
20	11	11	11	11	11	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
21	11	11	11	11	11	0	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	11	11	11	11	11	0	2	2	2	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0
23	11	11	11	11	11	0	2	2	2	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0
24	11	11	11	11	11	0	2	2	2	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0
25	11	11	11	11	11	0	2	2	2	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0
26	11	11	11	11	11	0	2	2	2	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0
27	11	11	11	11	11	0	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0
28	11	11	11	11	11	0	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0
29	11	11	11	11	11	0	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0
30	11	11	11	11	11	0	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0
31	11	11	11	11	11	0	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0
32	11	11	11	11	11	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figura 30. Instalación Inicial utilizando el complemento para CRAFT

Fuente: (Jense, 2004)

De esta manera, el algoritmo genera las distancias basadas en los centroides de las estaciones dispuestas. Finalmente, se procede a buscar la solución óptima mediante los intercambios en cada iteración.

En el Anexo 15, se presenta la descripción de cada uno de los intercambios de las estaciones. Al finalizar el algoritmo se obtuvieron tres iteraciones que se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 11. Iteraciones CRAFT.

ALGORITMO CRAFT				
Valor Referencial Inicial	5967,05			
Iteración	Tipo	Acción	Estaciones	Valor Referencial
1	Cambio:	Estación 4 y 2	Corte P y Soldadura I	5325.91
2	Cambio:	Estación 9 y 10	Bordeado y Divisores & Ac	5201.91
3	Cambio:	Estación 7 y 6	Limpieza y Refuerzos	5355.47
4	Unión:	Estación 6	Refuerzos	4936.71

*Fuente:* (Jense, 2004)

De estos resultados se puede observar que un cambio representativo se da al intercambiar la estación de Corte Principal con la de Soldadura I. El intercambio entre las estaciones de Limpieza y Refuerzos no es posible ya aumenta el valor referencial del diseño. Finalmente, al unir la estación de refuerzos se reduce el valor referencial. La eficiencia nominal de esta disposición es de 46.55%, la cual constituye un valor superior a la disposición actual, pero no supera a la disposición propuesta por el método SLP.

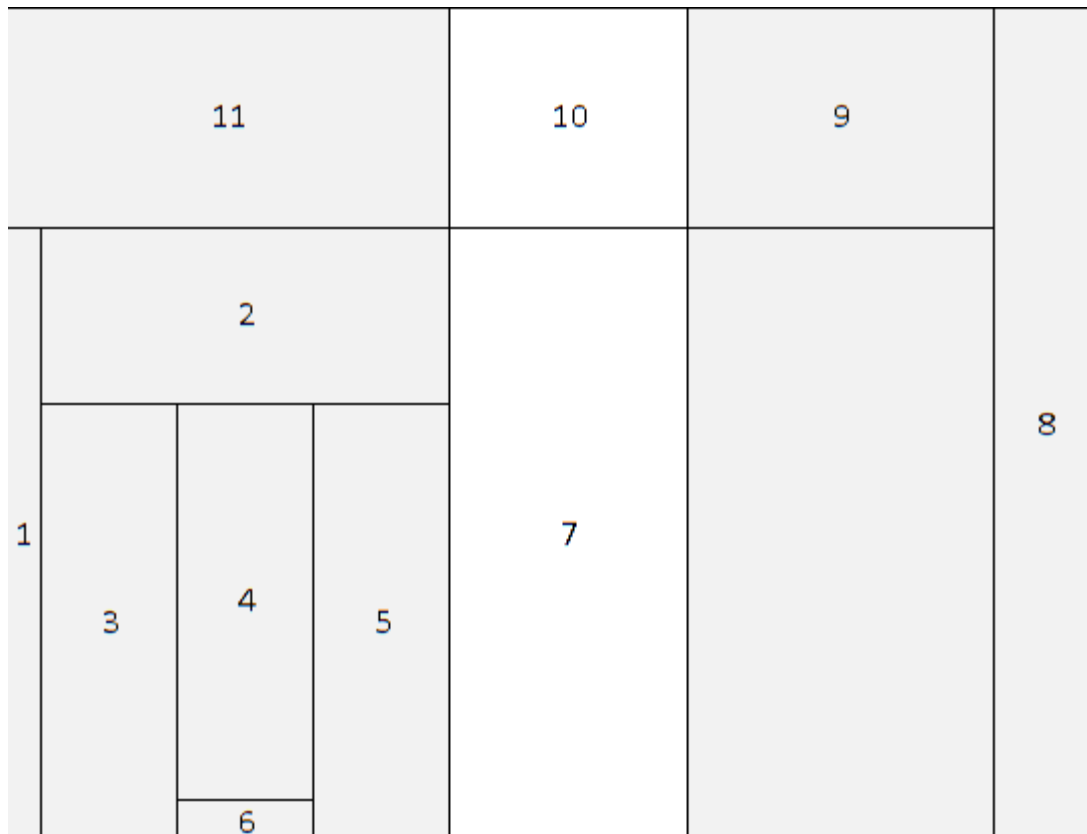
En el Anexo 16, se muestra el diagrama de instalación del método CRAFT, en donde se observa que existen espacios vacíos que no pueden ser aprovechados, además de que la disposición no ha variado significativamente a la disposición actual.

#### 3.5.4. Método BLOCPLAN

Este algoritmo funciona tanto para el mejoramiento como para la construcción del layout (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 329). Para el caso de este

estudio, este algoritmo funcionará como un algoritmo de mejora para la disposición actual del área de producción de la empresa. Al igual que el método CRAFT, se requiere una matriz de flujo para convertirla en una matriz de relaciones y con esta información ubicar los departamentos en el área de producción. Todas las áreas, tanto la de producción como la de cada estación de trabajo deben ser un rectángulo uniforme para ser válidas para el modelo. Para este caso se dividió el área de producción en tres bandas, de acuerdo a la distribución de las zonas de construcción actuales dentro de esta área. Para el cálculo de eficiencia de este método se debe utilizar las distancias rectilíneas entre los centroides de las estaciones de trabajo (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 333).

En el Anexo 18, se muestra la tabla de distancias entre las estaciones de trabajo y la matriz de adyacencias. A continuación, se muestra la disposición obtenida con este método.



*Figura 31. Propuesta de layout BLOCPLAN*

*Elaboración Propia*

A continuación, se realiza el cálculo de la eficiencia de la nueva disposición para la comparación con el actual y las propuestas presentadas anteriormente. La eficiencia de esta propuesta es de 66.09%. Estos indicadores superan a los valores obtenidos para la disposición actual. Sin embargo, se debe comparar todas las propuestas para determinar la mejor.

### 3.5.5. Múltiple.

El método MULTIPLE, ofrece grandes ventajas para el mejoramiento del layout. Sin embargo, al utilizarlo para este caso la solución no es factible, ya que las estaciones no se distribuían de manera real y su implementación conllevaría otro tipo de consideraciones dentro del área de producción. En el Anexo 19, se muestra la disposición de este modelo.

### 3.6. Análisis de los resultados del rediseño del área de Producción de DIMALVID.

Para comparar los resultados obtenidos en las diferentes propuestas, se evaluará según el porcentaje de eficiencia de cada disposición para determinar la mejor disposición. En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos por cada método.

*Tabla 12. Tabla Indicadores de las Propuestas*

<b>Propuesta</b>	<b>Eficiencia Nominal</b>
<b>SLP</b>	75,86%
<b>CRAFT</b>	46,55%
<b>BLOCPAN</b>	66.09%

*Elaboración Propia.*

De esta manera se puede concluir, por el resultado de eficiencia, que el método de SLP representa una maximización en la adyacencia de las estaciones que comparten flujo. Con este método de mejoramiento de instalaciones se logró agrupar, y reducir la distancia entre las estaciones que comparten flujo.

Por lo tanto, se recomienda a la empresa implementar la disposición obtenida con el Método SLP. Además, se considera que el rediseño de las instalaciones del área de producción no es suficiente para el mejoramiento de las operaciones en DIMALVID, ya que se debe considerar una organización interna de cada estación para establecer lineamientos más definidos de operación y así aumentar la eficiencia obtenida. A continuación, se procede a plantear una simulación del área de producción de la planta, la cual analiza y detalla en el siguiente capítulo.

## **CAPÍTULO 4. ANÁLISIS Y MODELAMIENTO DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE DIMALVID.**

### **4.1. Descripción de la línea de producción de DIMALVID**

Como se mencionó anteriormente, el área de producción de la empresa DIMALVID, cuenta con 11 estaciones de trabajo incluidas en la fabricación de ventanas de PVC. El proceso inicia desde la Bodega Principal de donde el material es retirado por los operadores. Este material se dirige a las áreas de Corte Principal, Corte II, Bordeados y Divisores & Acoples.

A partir de esto los perfiles, bordos y divisores son llevados a cada estación para formar la ventana. Se inicia el procedimiento en Corte, donde el operario corta todos los marcos y partes internas de la ventana de una orden completa y los pasa al área de soldadura, conforme el operario va terminando su procedimiento. Posteriormente, todas estas partes pasan al proceso de Soldadura, en donde el operario une las partes de cada ventana y agrega los refuerzos y accesorios según el diseño de la orden de trabajo. Al finalizar la soldadura, el operario coloca las ventanas en el área de inventario en proceso conforme las va terminando. Cuando cualquier operario de Limpieza está listo, pasa y recoge una por una las ventanas que ha realizado el soldador, y las ubica en el área de limpieza para quitar las rebabas y defectos de soldadura de cada una de las ventanas. Una vez finalizada la limpieza el operario la lleva al área de Bordeado. En el área de Bordeado el operario coloca vinil y soporte para el vidrio, y la coloca cerca del área de Divisores & Acoples. Una vez que el operario de Divisores & Acoples tiene todas las partes de las ventanas procede a acoplarlas y unir las según el modelo especificado, y colocarlas en el

área de Almacenamiento de Producto Final. El procedimiento en cada estación es realizado parte por parte, es decir que no se agrupan en lotes hasta llegar a la estación de Divisores & Acoples en donde se espera que todas las partes estén elaboradas para obtener el producto final.

#### 4.2. Recolección de Tiempo para la Simulación.

Para iniciar con la simulación del área de producción se requiere los tiempos de operación de cada una de las estaciones de trabajo. Para iniciar, se identificó todas las actividades que forman parte de la producción de ventanas de PVC, las cuales se van a medir para analizar el proceso total. Para tener una medición confiable se debe elegir a un operador promedio, que tenga habilidad en la operación, experiencia y colabore en el estudio para cada estación de trabajo. Dentro de la empresa la mayoría de trabajadores van realizando estas actividades por más de tres años y todos mostraron su cooperación y ninguno se vio afectado por el análisis realizado. Es importante mencionar que no se tomó en cuenta el tiempo por distracción, ni tiempos asociados a este, sino el tiempo total de la operación.

Los materiales que se utilizaron son un cronómetro de vuelta a cero, el cual no permitió que exista un intervalo entre repeticiones de operaciones. Además se usó una hoja de observaciones donde se registró los resultados observados, el formato se muestra en el Anexo 20. También se utilizó una Hoja de Trabajo en Excel en donde se ingresaron los datos observados para calcular automáticamente el tiempo y la desviación estándar de cada estación de trabajo a través de las fórmulas de Excel.

#### 4.2.1. Determinación del tamaño de muestra.

El tiempo de operación es variable dependiendo de cada estación, por lo que se procedió a calcular el tamaño de muestra apropiado para cada estación de trabajo. Se realizaron observaciones iniciales de tamaños menores a 30 observaciones y se obtuvo el tamaño de muestra ideal a través de la tabla 13 que se muestra a continuación.

*Tabla 13. Número recomendado de ciclos de observación.*

Tiempo de ciclos en segundos	Número Recomendado de ciclos
6	200
15	100
30	60
45	40
60	30
120	20
120 - 300	15
300 - 600	10
600 - 1200	8
1200 - 2400	5
2400 o más	3

Fuente: *Time Study Manual de los Erie Works en General Electric Company* (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 394)

Cuando los datos iniciales tienen una desviación estándar baja, es decir menor a un segundo, se utiliza la tabla con el número de observaciones que deben tener para la toma de datos dependiendo del tiempo en el que se desarrolla la operación en cada estación (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 340).



Si los datos resultantes de las observaciones tienen una desviación estándar mayor a 1 segundo, se utilizó la siguiente fórmula con la cual se obtiene un tamaño más preciso de la muestra requerida.

$$n = \left( \frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2$$

Donde:

$\bar{x}$  = *media*,

$s$  = *desviación estándar*

$t$  = *distribución para muestras pequeñas ( $n < 30$ )*

$k$  = *una fracción aceptable de  $\bar{x}$*

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 342)

En la tabla 10 se muestran los resultados obtenidos por ambos métodos.

Tabla 14. Tamaño de muestra para cada estación

Estación	Tiempo Promedio	Desviación Estándar	Tamaño de Muestra		
			Fórmula	Tabla	
<b>Corte Principal</b>	171,40	22,26	31,05	<b>32</b>	15
<b>Corte II</b>	624,20	51,99	12,77	<b>13</b>	8
<b>Soldadura I</b>	2113,00	233,08	22,39	<b>23</b>	5
<b>Soldadura II</b>	2941,07	344,32	25,23	<b>26</b>	3
<b>Limpieza</b>	593,00	56,26	16,57	<b>17</b>	10
<b>Bordeado</b>	988,13	123,22	28,62	<b>29</b>	8
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	3598,33	440,54	27,58	<b>28</b>	3

*Elaboración propia.*

Según los datos obtenidos la desviación estándar de todas las estaciones de trabajo son mayores a 1, por lo que se aplica la fórmula mencionada anteriormente y se utilizan estos resultados para la toma de tiempos. La fórmula se aplicó con un número inicial de 15 observaciones, con el que se calculó el tiempo operación y se utilizó una probabilidad de error del 5% para obtener que  $t=2.145$  como lo sugiere Niebel (2009). Los tiempos obtenidos en segundos se muestran en el Anexo 21.

Los tiempos relacionados con las distancias recorridas por los operadores también forman parte del tiempo total de elaboración de las ventanas, por lo que se obtuvieron estos datos en base a las distancias recorridas a lo largo del área de producción. Para el cálculo se tomó como base el tiempo de traslado de la estación Corte I a Soldadura I, ya que es la más

frecuente por los operadores, y se concluyó que los operadores se demoran 0.8 segundos por metro recorrido. Los resultados de este cálculo de los tiempos de recorrido en segundos entre las estaciones se presentan en el Anexo22.

#### 4.2.2. Determinación del tiempo estándar para cada operación

Según Niebel (2009), deben realizarse algunos ajustes al tiempo medio observado para obtener el tiempo que requiere un operario calificado para hacer la tarea cuando trabaja a un ritmo estándar; es decir que para obtener el tiempo estándar de la actividad se debe considerar la calificación de desempeño del operador y las holguras de tiempo para necesidades personales, fatiga, entre otras (Niebel & Freivalds, 2009, p. 355).

Por lo tanto, para el estudio de tiempos de cada una de las estaciones de trabajo se consideran los valores que se muestran en la tabla 15. El valor de la calificación de desempeño, se la realizó conjuntamente con la Jefa de Producción a través del sistema Westinghouse que se muestra en la sección 2.1.8.5. Se realizó la suma algebraica de cada factor y se la expresó como porcentaje, donde 100% corresponde al desempeño estándar de un operario calificado. Para el cálculo de las holguras o suplementos, se observó el tipo de actividad que se realiza en cada estación de trabajo y agregó holguras contantes y variables. Una vez obtenidos estos datos, se procede a realizar el cálculo del tiempo estándar para cada operación, para cada dato observado del Anexo 21 con la siguiente fórmula:

$$TE = TO \times \frac{C}{100} \times (1 + Holgura)$$

*Fuente:* (Niebel & Freivalds, 2009, p. 344)

Los tiempos estándares, considerando los suplementos y la calificación de desempeño se muestran en el Anexo 23, los cuales serán utilizados para el estudio de la simulación.

Tabla 15. Calificación de desempeño y holguras.

Estación de trabajo	Tiempo Estándar	Calificación	Suplementos					Suplementos total	Tiempo Normal	Tiempo de Operación Promedio(TO)
			Personal	Fatiga básica	Holgura Variable	Monotonía	Tedio			
<b>Corte Principal</b>	<b>188.88</b>	123	0,05	0,04	0,03	0,04	0	<b>0,16</b>	<b>210,822</b>	171,40
<b>Corte II</b>	<b>658.91</b>	113	0,05	0,04	0,03	0,04	0	<b>0,16</b>	<b>705,346</b>	624,20
<b>Soldadura I</b>	<b>2383.46</b>	125	0,05	0,04	0,05	0,04	0,02	<b>0,2</b>	<b>2641,25</b>	2113,00
<b>Soldadura II</b>	<b>3176.352</b>	111	0,05	0,04	0,05	0,04	0,02	<b>0,2</b>	<b>3264,584</b>	2941,07
<b>Limpieza</b>	<b>545.56</b>	96	0,05	0,04	0,02	0,04	0	<b>0,15</b>	<b>569,28</b>	593,00
<b>Bordeado</b>	<b>874.49</b>	106	0,05	0,04	0,05	0,04	0	<b>0,18</b>	<b>1047,42133</b>	988,13
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	<b>3368.04</b>	123	0,05	0,04	0,05	0,01	0,02	<b>0,17</b>	<b>4425,95</b>	3598,33

Elaboración propia

#### 4.2.2. Pruebas de Aleatoriedad e Independencia.

Para garantizar independencia se debe realizar un diagrama de dispersión para los set de datos y observar si existe algún tipo de tendencia (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005). También se considera la prueba de correlación donde el valor del coeficiente de Pearson debe acercarse a cero para ser independientes y el valor de p debe ser mayor al nivel de confianza (0.05) para no rechazar la hipótesis de que los datos analizados son independientes (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005). Se utilizó la herramienta de análisis en Minitab 15 y se obtuvo que los set de datos son independientes se pueden utilizar en el estudio de la simulación. El análisis estadístico de los datos obtenidos se muestra en el Anexo 24.

Ahora que se ha demostrado que los datos son independientes, se debe verificar que los datos recolectados son aleatorios para poder incluirlos en el estudio del modelo de simulación por lo que se realizan pruebas de corrida (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005).

La prueba de corrida es un test no paramétrico que permite determinar si los datos son totalmente aleatorios. Para realizar el análisis se establece que los datos siguen una distribución normal  $(\mu_R, \sigma_R)$  donde:

$$\mu_R = \frac{2m_1m_2}{m_1 + m_2} + 1$$

$$\sigma_R = \left[ \frac{2m_1m_2(2m_1m_2 - m_1 - m_2)}{(m_1 + m_2)^2(m_1 + m_2 - 1)} \right]^{1/2}$$

*Fuente:* (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005)

En donde  $m_1$  representa el número de datos que se encuentran por encima de la media y  $m_2$  es el número de datos por debajo de la media. Una vez calculados los parámetros se puede estipular el valor de  $Z$  donde  $R$  es el número de corridas por encima y por debajo de la media.

$$Z_0 = \frac{R - \mu_R}{\sigma_R}$$

Fuente: (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005)

Tomando un valor de alfa 0.05 se establece la siguiente hipótesis:

Ho: Los datos son aleatorios.

H1: Los datos no son aleatorios.

Donde  $Z_{0.025} = 1,96$ , si el valor de  $Z_0$  se encuentra entre  $\pm 1,96$ , existe suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula. En el Anexo 25 se muestra un resumen de las pruebas de corrida para los diferentes datos en los cuales se puede confirmar de acuerdo a su valor P, mayor al nivel de confianza escogido 0.05, que los datos son aleatorios y válidos para el estudio de simulación.

#### 4.2.3. Determinación de Distribuciones de los Procesos.

Para simular el tiempo estándar de cada estación de trabajo es importante conocer el tipo de distribución que siguen estos tiempos, por lo que se utilizó la herramienta del software de ARENA, *Input Analyzer*, para obtener las distribuciones de probabilidad de cada set de datos recolectados en el estudio (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005). El resumen de los resultados se muestra en la Tabla 16.

*Tabla 16. Resultados Input Analyzer.*

<b>Estación</b>	<b>Distribución</b>	
<b>Corte Principal</b>	Beta	$149 + 97 * \text{BETA}(0.841, 1.04)$
<b>Corte II</b>	Beta	$562 + 166 * \text{BETA}(0.708, 0.619)$
<b>Soldadura I</b>	Beta	$1.9e+003 + 968 * \text{BETA}(1.01, 1.23)$
<b>Soldadura II</b>	Beta	$2.13e+003 + 1.87e+003 * \text{BETA}(2.25, 1.85)$
<b>Limpieza</b>	Beta	$460 + 158 * \text{BETA}(0.794, 0.694)$
<b>Bordeado</b>	Beta	$638 + 425 * \text{BETA}(1.67, 1.19)$
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	Beta	$2.58e+003 + 1.97e+003 * \text{BETA}(1.51, 1.87)$

*Elaboración propia.*

El análisis completo de las distribuciones se muestra en el Anexo 26. Todas las distribuciones siguen una distribución BETA, la cual es una distribución extremadamente flexible y es utilizada para modelar variables aleatorias acotadas, lo que significa que los datos obtenidos del estudio tienden a ser variables entre sí (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005).

#### 4.2.3.1. Pruebas de Bondad de Ajuste: Chi – Cuadrado y Kolmogorov Smirnov.

Las pruebas de bondad y ajuste determinan si los datos se ajustan a una distribución, la cual puede estar especificada o pertenecer a una clase paramétrica (Montenegro M. , 2012)

Donde,

Ho: Los datos siguen la distribución planteada.

H1: Los datos no siguen la distribución planteada.

Los datos del análisis de las pruebas de bondad ajuste se muestran en la Tabla 12 presentada a continuación:



Tabla 17. Pruebas de Bondad y Ajuste

Estación	Distribución	Pruebas de Bondad y Ajuste						
		Chi Cuadrado			Kolmogorov - Smirnov			
		Valor P	Test Statistic	Critical Statistic	Valor P	Test Statistic	Critical Statistic	
<b>Corte Principal</b>	Beta	149 + 97 * BETA(0.841, 1.04)	<b>0,75</b>	0,308	7,81	<b>&gt;0,15</b>	0,0936	0,282
<b>Corte II</b>	Beta	562 + 166 * BETA(0.708, 0.619)				<b>&gt;0,15</b>	0,158	0,361
<b>Soldadura I</b>	Beta	1.9e+003 + 968 * BETA(1.01, 1.23)	< 0,005	0,0374		<b>&gt;0,15</b>	0,116	0,2376
<b>Soldadura II</b>	Beta	2.13e+003 + 1.87e+003 * BETA(2.25, 1.85)	< 0,005	4,19		<b>&gt; 0,15</b>	0,175	0,25
<b>Limpieza</b>	Beta	460 + 158 * BETA(0.794, 0.694)				<b>&gt; 0,15</b>	0,123	0,318
<b>Bordeado</b>	Beta	638 + 425 * BETA(1.67, 1.19)	<b>0,062</b>	3,57	3,84	<b>&gt; 0,15</b>	0,106	0,232
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	Beta	2.58e+003 + 1.97e+003 * BETA(1.51, 1.87)	< 0,005	20,9	3,84	<b>&gt; 0,15</b>	0,175	0,223

*Elaboración Propia.*

Las dos pruebas mencionadas anteriormente fueron aplicadas a cada set de datos dependiendo del número de observaciones, debido a que la prueba de Chi – Cuadrado se debe realizar para tamaños de muestras grandes ( $>30$ ) y la prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras pequeñas ( $<30$ ) (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005).

Dados estos resultados se puede confirmar el ajuste de los datos a las distribuciones planteadas a través del valor P y de los estadísticos de prueba. Los datos se ajustan a la distribución planteada si el valor de P es mayor al de significancia 0.05. De igual manera se compara que el estadístico crítico dado por las tablas A.8 y A.6 del libro de Banks (2005), sea mayor al estadístico de prueba dado por el análisis del *Input Analyzer*. En conclusión se toma los resultados obtenidos como válidos para el estudio.

#### 4.3. Construcción del Modelo.

La construcción del modelo fue realizada con el software ARENA 13. El cual permite encontrar soluciones modelando y organizando los procesos que existen en una empresa (Universidad Crithian Murbinaio, 2012).

Para modelar el área de producción de la empresa DIMALVID, se modelan todas las estaciones de trabajo que forman parte de esta área, incluyendo los productos elaborados a base de PVC Americano y Europeo. A continuación, se detalla la construcción de dicho modelo.

##### 4.3.1. Definición y Descripción del Sistema Conceptual.

Se identificarán los eventos, variables, parámetros y actividades del sistema con el fin de identificar los diferentes factores que influyen en la realización del modelo conceptual, que se presentan a continuación:

Eventos: Entrada de la materia prima para las ventanas y salida de las ventanas como producto final

Variables: Son todos los factores los cuales pueden ser controlados por el gerente de la empresa, estos son el número de empleados, herramientas de trabajo.

Parámetros: Tasa de operación de las estaciones de trabajo y horas de operación.

Actividades: Tiempo espera, tiempo de operación.

Estado: Tipo de ventanas a producir.

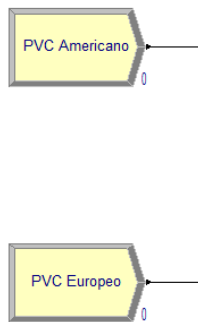
Entidades: Ventanas de PVC que ingresan al área de producción en un mes.

Medidas de Desempeño: Entidades Elaboradas (Number Out), WIP (Entidades en proceso de elaboración) y la utilización de los recursos.

El modelo que representa este sistema está determinado por la demanda de ventanas que existe diariamente para el área de producción. El tiempo de trabajo de los operadores es de 8 horas diarias por 5 días a la semana y cuenta con los recursos mencionados en el Capítulo 3, en la descripción de las estaciones de trabajo.

#### 4.3.2. Construcción del Modelo en Arena: Diseño, Asunciones y Limitaciones.

El diseño completo del modelo se encuentra en el Anexo 27. El primer paso es la creación y definición de las entidades que entran al sistema, que se lo modela a través del módulo *Create* de *Arena Software*. Se crearon dos de estos módulos para cada tipo de ventana.



*Figura 32. Creación de entidades en Arena Software*

*Fuente: Arena Software.*

Dentro de estos módulos se define el intervalo de tiempo en el que ingresa al sistema y la cantidad de la misma. Para la ventana de PVC Europeo se ingresa una orden diaria de trabajo y la ventana de PVC Americano se ingresa una orden cada dos días. La cantidad de entidades entrantes en el sistema para cada material esta dado por el set de datos recolectados de los últimos meses. Se realizó el análisis de independencia y aleatoriedad, y las pruebas de bondad y ajuste que se muestran en el Anexo 28. Estos datos se obtuvieron por el análisis de las órdenes de trabajo analizadas al inicio del estudio y confirmadas por la encargada de producción.

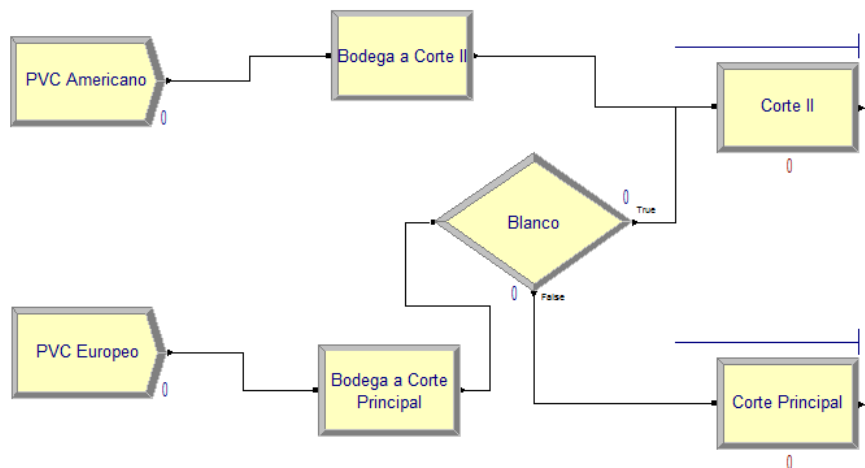
Create - Basic Process								
	Name	Entity Type	Type	Value	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1	PVC Europeo	Europeo	Random (Expo)	1	Days	POIS(16.8)	Infinite	0.0
2	PVC Americano	Americano	Random (Expo)	0.5	Days	POIS(3.47)	Infinite	0.0

*Figura 33. Datos Módulos Create*

*Fuente: Arena Software.*

Una vez definidas las entidades, pasan al área de Corte según el tipo de ventanas. Las ventanas de PVC Americano se dirigen directamente a la estación de Corte II, conjuntamente con las de PVC Europeo de color blanco. Las de PVC Europeo de otro color

se dirigen directamente a la estación de Corte Principal. Para simular este procedimiento se utilizó un módulo *Decide* que se muestra a continuación.



*Figura 34. Estación Corte*

*Fuente: Arena Software.*

La decisión utiliza porcentajes de 20.86% para los verdaderos, es decir el porcentaje de ventanas de PVC Europeo que son blancas, y la diferencia para el falso. Antes de la decisión se agrega un *Delay*, como se observa en la figura anterior. Esta es utilizada para simular la caminata existente de bodega hacia el lugar de trabajo correspondiente, utilizando los datos del Anexo 22, Tiempos de Recorrido entre Estaciones de Trabajo. A continuación, se crea la estación Corte Principal y Corte II, y se ingresan las distribuciones obtenidas anteriormente en la Tabla 16, Resultados *Input Analyzer*.

A continuación, se designan las unidades a la estación de Soldadura. Después de la estación de Corte II se utiliza un módulo *Decide* para desviar las unidades de PVC Europeo Blancas y las unidades de PVC Americano. De acuerdo a los datos de producción se conoce que el 39% de las ventanas cortadas en esta área son de PVC Europeo y la diferencia de

PVC Americano. Las de PVC Europeo son transportadas a Soldadura II y los Americanos son transportados a Soldadura Americano. Una vez finalizados estos procesos son llevados al área de limpieza. Así mismo, después de Corte Principal las ventanas son transportadas hacia Soldadura I y posteriormente a Limpieza. A continuación la figura 35 muestra esta secuencia.

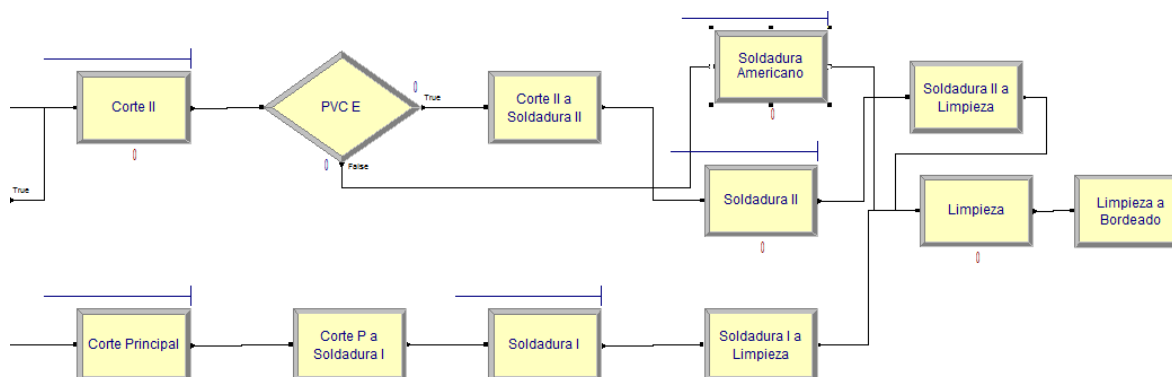


Figura 35. Modelamiento Estaciones Soldadura y Limpieza

Fuente: Arena Software.

Una vez culminada la limpieza de las ventanas, son transportadas al área de Bordeado y luego a Divisores & Accesorios para finalizar el proceso con el módulo *Dispose*, como se muestra en la siguiente figura.

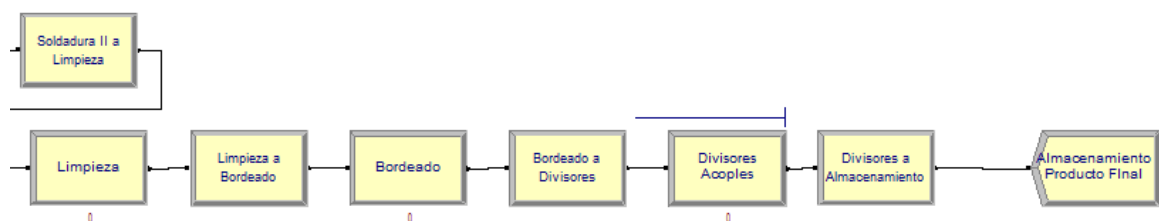


Figura 36. Modelamiento de Estaciones Bordeado y Divisores & Acoples

Fuente: Arena Software.

En todas las estaciones se agrega el módulo *Delay* para simular el tiempo de recorrido de los trabajadores de una estación a otra.

Para el diseño de este modelo se asume que las entradas de las órdenes de trabajo son una por día, y se utiliza la distribución para cada set de datos.

Las limitaciones de este modelo son que no se muestra la unidad de producción de productos de aluminio, sin embargo estas mediciones no son críticas debido a que representan el 0.4% de las ordenes de trabajo, lo cual no es significativo para el sistema, ni para la Gerencia. Además, en la simulación se presenta la utilización de los operadores, más no la utilización de las máquinas. Para valorar el desempeño de la maquinaria se debe utilizar otro tipo de herramientas para la evaluación.

#### 4.3.5. Verificación y validación del modelo.

Para constatar el correcto funcionamiento del modelo, es decir su verificación en el programa Arena, se procedió a correr el modelo y chequear posibles errores de sintaxis. Como se muestra en la siguiente figura, el modelo está perfectamente verificado a través de una depuración que realiza el propio sistema.

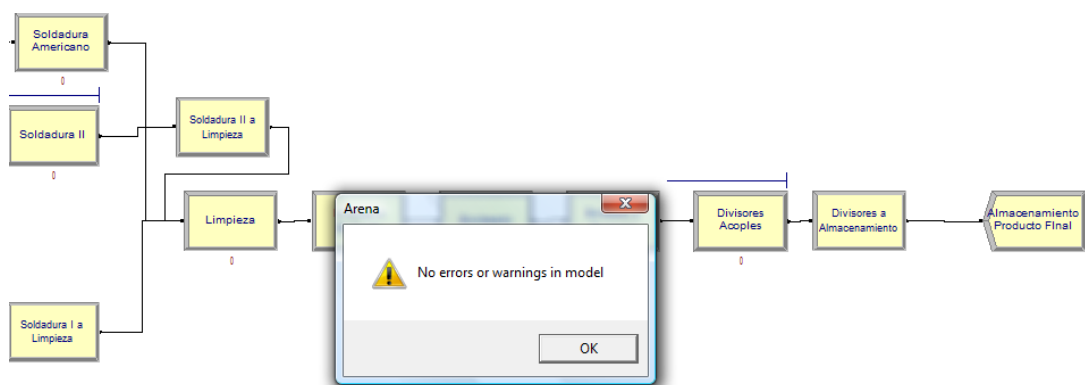
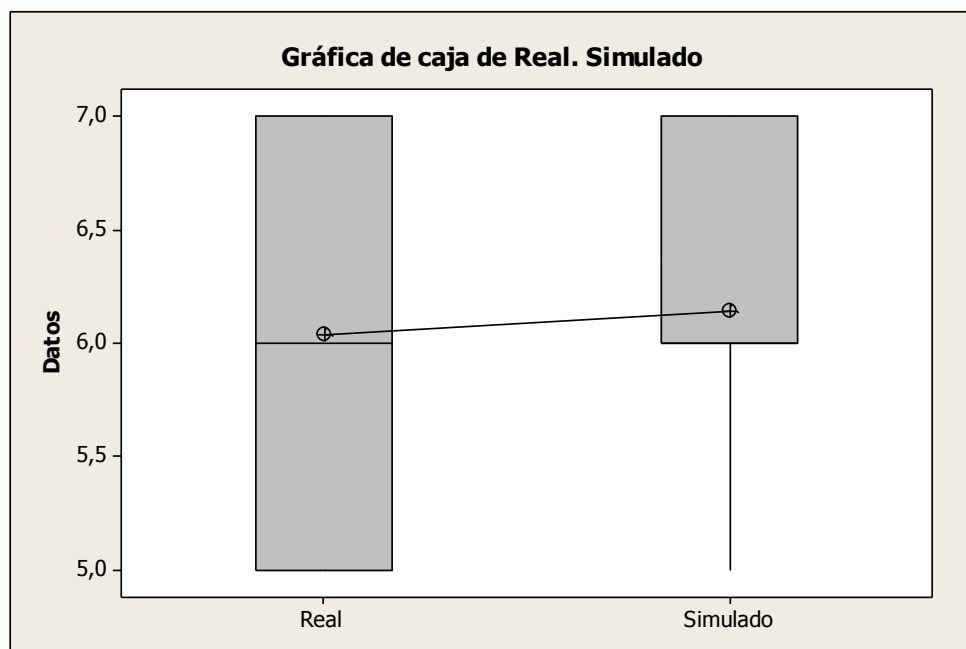


Figura 37. Verificación del Modelo

Fuente: Arena Software.

Para validar el modelo es necesario comparar los resultados obtenidos con los reales, ya que para la toma de decisiones el modelo debe representar al sistema real del área de producción de la empresa DIMALVID. Esto quiere decir que las medias de las dos muestras deben ser lo más cercanas posibles a entre sí.

Para la validación del modelo se considera una de las medidas de desempeño: el número de entidades salientes del sistema. Se analizan las suposiciones de normalidad de los set de datos reales y los obtenidos mediante la simulación actual que se muestran en el Anexo 29. De acuerdo a estos resultados, los datos no siguen una distribución normal, y son independientes y aleatorios. Se analiza la igualdad de las varianzas en el Anexo 30. Dado que los datos no cumplen con los supuestos, el análisis es realizado a través de una prueba no paramétrica Mann-Whitney en Minitab15, que se muestra a continuación.



*Figura 38. Verificación del Modelo*

*Fuente: Datos recolectados, analizados en el programa Minitab 15*



### Prueba de Mann-Whitney e IC: Real. Simulado

N Mediana

Real 50 6,0000

Simulado 50 6,0000

La estimación del punto para ETA1-ETA2 es -0,0000

95,0 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es (0,0000.-0,0001)

W = 2436,5

Prueba de ETA1 = ETA2 vs. ETA1 no es = ETA2 es significativa en 0,5441

La prueba es significativa en 0,5120 (ajustado por empates)

Por lo tanto se concluye que las medianas si son iguales, dado que el valor de cero se encuentran en el intervalo de confianza.

Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Americano	0.8600	0,19	0.00	2.0000
Europeo	5.8400	0,25	4.0000	7.0000

*Figura 39. Número de Entidades Saliente*

*Fuente: Resultados Simulación Actual*

En conclusión, el modelo simulado se apega a la realidad del modelo real de la planta de producción de la empresa.

#### 4.3.6. Ejecución del Modelo.

Una vez que el modelo realizado ha sido verificado y validado, se procede a determinar el número de réplicas y la longitud de la corrida de cada réplica para obtener las métricas necesarias para el análisis de sistema y proponer mejoras.

##### 4.3.6.1. Longitud de la Corrida

Para que se establezca el sistema se agrega un tiempo de calentamiento de 30 minutos y el tiempo total de la corrida es de 480 minutos después de finalizar el tiempo de calentamiento.

##### 4.3.6.2. Determinación del Número de Réplicas para la Simulación.

Una vez construido el modelo de la simulación del área de producción, se determina un número de réplicas adecuadas para correrlo y que los datos obtenidos sean válidos para la toma de decisiones posterior. Este número se lo calculó con la siguiente ecuación:

$$R \geq \left( \frac{Z_{\alpha/2} S_o}{\epsilon} \right)^2$$

Donde,

$Z_{\alpha/2}$  = Valor crítico para una distribución normal con parámetros  $(\mu, \sigma)$  de  $(0,1)$

$S_o$  = Desviación Estándar.

La desviación estándar se debe calcular con la siguiente ecuación:

$$S_o = \frac{H\sqrt{R_o}}{t_{\alpha/2, R_o-1}}$$

Donde,

$H = \textit{Half Width}$

$R_o = \textit{Número de replcaciones inicial.}$

Fuente: (Banks, Carson , Nelson, & Nicol, 2005, pág. 397)

La variable de interés es tiempo de espera de las entidades europeo, por lo que se utiliza los resultados obtenidos de la simulación actual con 30 réplicas iniciales y se obtiene los resultados que se muestran en la tabla 18:

Tabla 18. Tiempo de espera en cada réplica.

Réplica	Tiempo de Espera (minutos)
1	119,58
2	119,00
3	137,26
4	160,00
5	115,89
6	133,73
7	142,05
8	127,53
9	129,10
10	142,01
11	170,00
12	122,75
13	145,92
14	140,17
15	140,13
16	140,16
17	144,99
18	154,53
19	168,61
20	144,57
21	147,55
22	143,15
23	124,36
24	123,04
25	143,36
26	166,35
27	156,72
28	174,32
29	167,79
30	149,97
$S_o =$	<b>16,41</b>

*Elaboración Propia.*

Una vez obtenida la desviación estándar de los datos resultantes se calcula el número de réplicas con la fórmula mencionada anteriormente.

$$R \geq \left( \frac{1.96 \times 16.41}{5} \right)^2 = 41.37 \approx 42$$

A continuación, se prueba los posibles candidatos para el número de réplicas.

Tabla 19. Comparación del número de réplicas candidatas.

R	43	44	45
$t_{0.025,R-1}$	2.018	2.017	2.016
$\frac{t_{0.025,R-1}^2 S_o^2}{\epsilon^2}$	44.38	45.57	43.77

Elaboración Propia.

Por lo tanto, el número de réplicas ideal para obtener datos válidos para la toma de decisiones es de 45 réplicas, dado que es el entero que satisface la desigualdad

#### 4.4. Resultados de la Simulación.

Una vez que el modelo ha sido corrido por 45 veces se obtuvieron los siguientes resultados:

El número de entidades que salieron del sistema en un día de trabajo son 6, las cuales se dividen en 5.55 ventanas de PVC Europeo y 0.64 ventanas de PVC Americano.

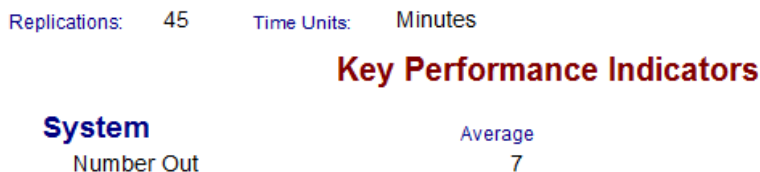
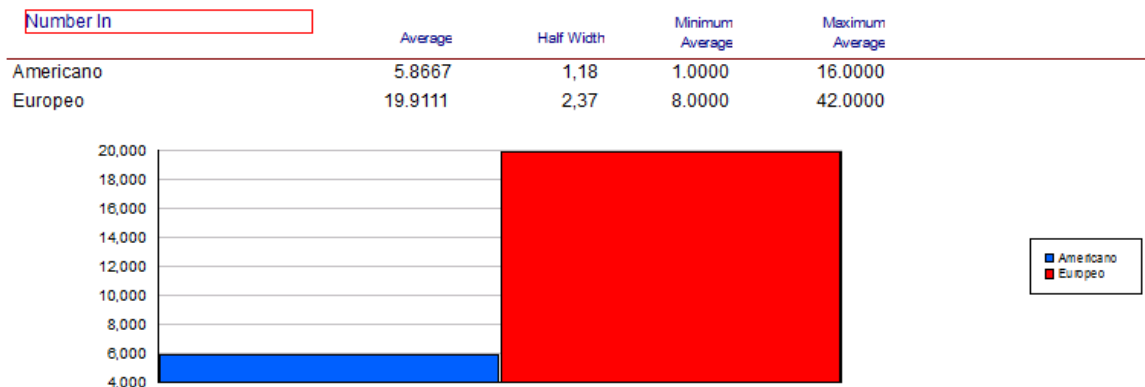


Figura 40. Número de Entidades Salientes

Fuente: Arena Software.

Es importante tomar en cuenta que no todas las unidades entrantes al sistema salen el mismo día, en la siguiente figura se muestra las unidades que ingresaron al sistema.



*Figura 41. Unidades que Ingresaron al Sistema*

*Fuente: Arena Software.*

Se tiene un total de 19.911 entidades de ventanas de PVC Europeo que ingresan en el sistema y salen aproximadamente 6, por lo que se está generando un trabajo en proceso en las estaciones que no puede ser procesado el mismo día.

De igual manera, se pudo identificar estaciones que son cuellos de botella que retrasan la producción. La estación de Soldadura I y Divisores & Acoples son las que presentan el mayor tiempo de espera dentro del proceso, así mismo la mayor cantidad de entidades en espera como se muestra en la figura siguiente.

## Queue

### Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Bordeado.Queue	3.0822	0,44	0.5809	5.7353	0.00	33.2418
Corte II.Queue	30.8123	4,44	0.00	69.1714	0.00	139.51
Corte Principal.Queue	18.2372	1,22	10.2908	30.5048	0.00	60.4199
Divisores Acoples.Queue	116.14	4,27	76.8309	142.22	0.00	288.76
Limpieza.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soldadura Americano.Queue	112.00	17,43	0.00	193.40	0.00	367.58
Soldadura I.Queue	190.98	9,00	100.09	221.07	0.00	433.54
Soldadura II.Queue	33.3335	9,03	0.00	126.64	0.00	255.17

### Other

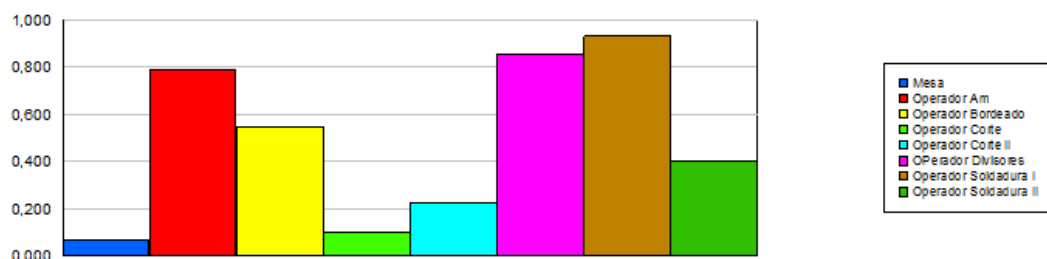
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Bordeado.Queue	0.1203	0,02	0.01331226	0.2520	0.00	2.0000
Corte II.Queue	0.7488	0,17	0.00	2.5761	0.00	13.0000
Corte Principal.Queue	0.5922	0,08	0.1501	1.2075	0.00	18.0000
Divisores Acoples.Queue	4.7490	0,33	2.1586	6.3640	0.00	16.0000
Limpieza.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soldadura Americano.Queue	2.2350	0,67	0.00	8.8197	0.00	14.0000
Soldadura I.Queue	6.6776	0,99	1.4597	16.7434	0.00	25.0000

Figura 42. Tiempos de Espera.

Fuente: Arena Software.

Asimismo, se observa la utilización de los operadores, siendo el mayor el Operador de Soldadura 1 y Operador de Divisores & Acoples con un utilización de 92.99% y 85.59%, respectivamente. La menor utilización de los operadores se da en las estaciones de Corte Principal y Corte II con 9.97% y 22.67% de utilización, respectivamente. Es importante mencionar que la ocupación de las cinco mesas en el área de limpieza es muy baja, con un 6.8%. Los resultados se muestran en la siguiente figura.

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Mesa	0.06810412	0,00	0.04134515	0.0908
Operador Am	0.7849	0,08	0.00	0.9769
Operador Bordeado	0.5452	0,03	0.3106	0.7337
Operador Corte	0.0997	0,01	0.04726781	0.2199
Operador Corte II	0.2267	0,03	0.02518835	0.5370
Operador Divisores	0.8559	0,00	0.8368	0.8750
Operador Soldadura I	0.9299	0,03	0.5324	0.9912
Operador Soldadura II	0.3994	0,06	0.00	0.8742



*Figura 43. Utilización de los Recursos*

*Fuente: Arena Software*

Por último, los resultados mostraron las entidades que fueron procesadas en cada recurso. El operador que más entidades procesó fue el de Bordeado con 18.26 entidades y el que menor entidades procesó fue el de Soldadura II. Cabe mencionar que las mesas de trabajo en limpieza fueron las que más unidades procesaron a pesar de su baja utilización. A continuación se muestran los resultados.



Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Mesa	18.2667	0,93	11.0000	24.0000
Operador Am	4.0889	0,41	0.00	6.0000
Operador Bordeado	17.8444	0,90	11.0000	24.0000
Operador Corte	14.9111	1,61	7.0000	34.0000
Operador Corte II	10.1111	1,56	1.0000	24.0000
Operador Divisores	7.7333	0,13	7.0000	8.0000
Operador Soldadura I	11.7333	0,45	7.0000	14.0000
Operador Soldadura II	3.7333	0,61	0.00	8.0000

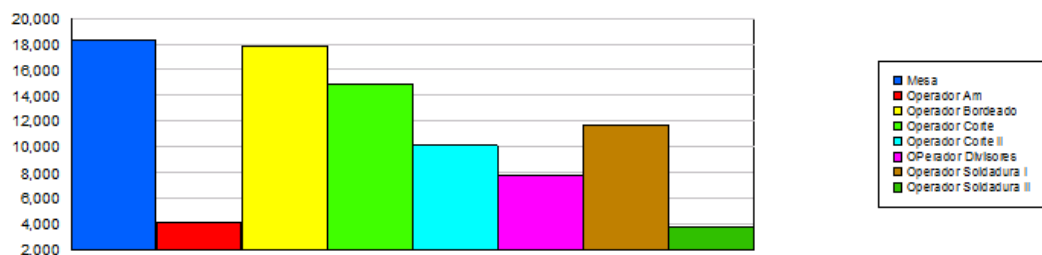


Figura 44. Número de Entidades Atendidas por los recursos

Fuente: Arena Software.

El informe completo de los resultados de la simulación del modelo actual se muestra en el Anexo 31. Los resultados obtenidos en la simulación permiten encontrar problemas en la línea de producción como cuellos de botella y desbalance en la utilización de los operadores. Por lo que es importante generar una propuesta que permite reducir los cuellos de botella y ubicar a los operadores más eficientemente en cada estación de trabajo, con el fin de alcanzar estándares internacionales se requiere producir entre 20 a 25 ventanas por día por lo tanto se presenta la siguiente propuesta.

#### 4.5. Propuestas de Mejoramiento

Como se menciona anteriormente, la simulación permitió identificar las oportunidades de mejora del sistema actual como los cuellos de botella que se presentan en el área de Soldadura I y Divisores & Acoples. Esto ocasiona demoras en la línea de producción por lo que no se cumple con el objetivo trazado, además que se generan costos asociados que no son necesarios para agregar valor al producto final.

La propuesta inicia con el planteamiento del mejor rediseño de la planta que se obtuvo a través del modelo *SLP*. El software utilizado para la simulación permite visualizar los procesos en base al tiempo de operación que tiene cada una de las estaciones, por lo que modificar la distribución de la planta directamente en Arena no es factible. Por esta razón se obtuvo los tiempos en base a las nuevas distancias obtenidas por la mejor propuesta del rediseño para el traslado de un operador de una estación a otra, utilizando el mismo factor de conversión calculado en el anterior capítulo (0.8 segundos por metro). Los tiempos de recorrido de los operadores según la nueva disposición se presentan en el Anexo 32. Dado el cálculo de estos tiempos, se procedió a ingresar estos valores en los módulos que representan los traslados de los operarios de un lugar a otro.

Una vez que se ha reducido los tiempos de traslado, se sugiere separar la elaboración de las ventanas de PVC Americano de las de PVC Europeo en las últimas etapas de Limpieza, Bordeado, y Divisores & Acoples, ya que el mayor volumen de trabajo para estas estaciones son las de PVC Europeo. De igual manera se conversó con la encargada de producción para conocer la factibilidad, y mencionó que en la actualidad se lleva una estación dedicada para este tipo de ventanas pero no se ha establecido de manera formal. Se entrevistó al operador encargado de los procesos del PVC Americano y mencionó que a partir de la soldadura se tarda un tiempo de 20 minutos hasta finalizar una ventana completa. Con esta información en el modelo de Arena del sistema actual se agrega un módulo *Process*, en el cual se coloca la información de que el proceso es constante cada 20 minutos y se lo conecta con el módulo *Dispose* de Almacenamiento de Producto Final, que representa la salida de las entidades de este sistema.

Para la reducción de los cuellos de botella, se propone distribuir el corte de los perfiles entre las dos estaciones, por lo que se sugiere que el 10% de los cortes asignados a Corte Principal, sean realizados por Corte II también, ya que se cuenta con las herramientas necesarias en las dos unidades de corte. Este porcentaje se lo determinó por iteración.

Como se observó en los resultados anteriores de la simulación actual, existen unos operadores con una utilización alta y otros con utilizaciones bajas por lo que se sugiere una asignación de operarios a cada estación a través de un Balanceo de Líneas (Niebel & Freivalds, 2009, p. 45).

Para el cálculo de los operadores necesarios para cada estación se utilizan los tiempos estándares obtenidos del estudio de tiempos utilizado para la simulación. La velocidad de producción está determinada por el operador más lento. En la siguiente tabla se presenta el cálculo del tiempo de espera con base en el operador más lento y la eficiencia de la línea.

Tabla 20. Eficiencia Actual de la Línea de Producción

Estación	Minutos estándar para llevar a cabo la operación	Tiempo de espera con base en el operados más lento	Tiempo Estándar
Corte Principal	3,15	52,98	56,13
Corte II	10,98	45,15	56,13
Soldadura I	39,72	16,41	56,13
Soldadura II	52,93	3,20	56,13
Limpieza	9,09	47,04	56,13
Bordeado	14,57	41,56	56,13
Divisores & Acoples	56,13	0	56,13
Suma	<b>186,57</b>		<b>392,91</b>
<b>EFICIENCIA</b>	<b>47,48410713</b>		

*Elaboración propia.*

Este valor muestra que el porcentaje de tiempo ocioso es de 52.52%, lo cual es muy elevado (Niebel & Freivalds, 2009, p. 46). Por lo que se procede a realizar el cálculo del número de operadores necesarios para fijar la velocidad de producción requerida por medio de la siguiente ecuación:

$$N = R \times \sum AM = R \times \frac{\sum SM}{E}$$

Donde,

*N = Es el número de operadores necesarios en la línea*

*R = velocidad de producción que se desea*

*E = Eficiencia*

$SM = \text{Minutos estandar de cada operación.}$

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009, p. 46)

Para la eficiencia se utiliza un porcentaje del 95%, que es considerado un valor realista y alcanzable (Niebel & Freivalds, 2009, p. 46). Por lo tanto el número de operadores necesarios en la línea es de 11 personas. A continuación, se realiza el cálculo de operarios por cada estación.

Como se mencionó anteriormente, un estándar establecido para este tipo de fábricas, según la competencia internacional, es de 25 ventanas al día (Franco, Operaciones DIMALVID, 2014), por lo que será necesario producir una unidad en 19.2 minutos. Se obtiene el número de operarios necesarios dividiendo el número de minutos estándar para los minutos necesarios para producir una unidad como se muestra en la siguiente tabla.

*Tabla 21. Cálculo de Operadores Necesarios para cada estación.*

Estación de trabajo	Tiempo Estándar	Estándar / Minutos por Unidad	Número de Operadores
<b>Corte Principal</b>	3,15	0,163960764	1
<b>Corte II</b>	10,98	0,571966597	1
<b>Soldadura I</b>	39,72	2,06875	3
<b>Soldadura II</b>	52,93	1,756770833	2
<b>Limpieza</b>	9,09	0,4734375	1
<b>Bordeado</b>	14,57	0,758854167	1
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	56,13	3,9234375	4
<b>Total</b>	186.57		<b>13,00</b>

*Elaboración Propia.*

A pesar de que el número de operadores necesarios para la línea de producción es 11, y actualmente se tiene 12, no se encuentran distribuidos de la manera adecuada. En la tabla anterior se muestra el número ideal para cada estación con un total de 13 operarios en la línea de producción.

Para identificar la operación más lenta, se divide el tiempo estándar para el número de operadores estimado como se muestra en la siguiente tabla.

*Tabla 22. Cálculo de la operación más lenta*

<b>Estación</b>	<b>Operación más Lenta</b>
<b>Corte Principal</b>	2,86
<b>Corte II</b>	10,40
<b>Soldadura I</b>	17,61
<b>Soldadura II</b>	16,34
<b>Limpieza</b>	9,88
<b>Bordeado</b>	16,47
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	14,99

*Elaboración propia*

Por lo tanto, la operación de Soldadura I determina la salida de la línea. En este caso esta es:

$$\frac{2 \text{ Operadores} \times 60 \text{ minutos}}{35.22 \text{ minutos estandar}} = 3.41 \text{ piezas/hora} = 27 \text{ piezas/dia}$$

El ritmo de producción es el adecuado, ya que el máximo a producir es 25 piezas por día, lo que se tendría una holgura de dos piezas para casos fortuitos que se presenten en el transcurso de las operaciones y requerimientos de la demanda.

Para validar si la propuesta es óptima para el área de producción de la empresa se procede a modificar el modelo de la simulación actual introduciendo estas nuevas modificaciones. Se continúa con el mismo número de réplicas y se obtiene los siguientes resultados.

El número de entidades que salieron del sistema son 21, de las cuales 17.33 son de perfil Europeo y 3.4 de perfil americano. El tiempo de espera de la estación de Divisores & Acoples se redujo de 116.14 minutos a 2.31 minutos, y el de la estación de Soldadura I de 190.98 minutos a 81.28 minutos. Lo que significa que los cuellos de botella se redujeron considerablemente además de los otros tiempos de espera como se muestra a continuación.

*Tabla 23. Tiempos de Espera Actual vs. Propuesto*

<b>Tiempo de Espera</b>	<b>Actual</b>	<b>Propuesto</b>
Corte II	30.81	31.02
Corte Principal	18.23	18.94
Divisores & Acoples	116.14	2.31
Limpieza	0	3.93
Soldadura I	190.98	81.28
Soldadura II	33.33	3.1953
Bordeado	23.23	3.23

*Elaboración Propia.*

De igual forma sucedió con el número de unidades en espera se reduce considerablemente. Los resultados totales de la simulación del modelo propuesto se encuentren él en Anexo 33.

Respecto a la utilización de los operadores y de la mesa de trabajo en el área de limpieza, se incrementan como se muestra en el Anexo 33, con excepción de los operadores de las dos estaciones de corte. Esto nos da una idea de que posiblemente no sea necesario contratar un operario adicional ni para la estación separada de perfil Americano, ni para la aplicación de la capacidad de las otras operaciones, ya que estos dos operadores podrán aportar con su tiempo disponible a las otras áreas.

Para asegurar que los resultados obtenidos son confiables estadísticamente, se realiza una prueba de t de dos muestras, a través del programa Minitab 15. La hipótesis nula es que la diferencia de las medias de la variable de interés de tiempo de espera es 1. El análisis de los resultados se muestra a continuación:

**Prueba T e IC de dos muestras: Tiempo de espera propuesto. Tiempo de Espera actual**

T de dos muestras para Tiempo de espera propuesto vs. Tiempo de Espera actual

	N	Media	Desv.Est.	estándar	
Media del					
Error					
Tiempo de espera propuesto	45	107,0	29,1	4,3	
Tiempo de Espera actual	45	142,9	17,8	2,7	



Diferencia =  $\mu$  (Tiempo de espera propuesto) -  $\mu$  (Tiempo de Espera actual)

Estimado de la diferencia: 35,87

Límite inferior 95% de la diferencia: 44,32

Prueba T de diferencia = 1 (vs. >): Valor T = 7,26 Valor P = 1,000 GL = 88

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 24,1036

Por lo tanto, se concluye que existe una diferencia de uno entre las medias de los tiempos de espera propuesto y actual. Por lo tanto, los cambios propuestos representan una gran mejora para el sistema de producción de la empresa, y es una opción óptima y factible.

Dado que los datos del número de entidades salientes, no son normales se analiza los resultados a través de la prueba no paramétrica Mann-Whitney, como se muestra a continuación:

### **Prueba de Mann-Whitney e IC: Simulado Propuesto. Simulado Actual**

N Mediana

Simulado Propuesto 45 20,000

Simulado Actual 45 6,000

La estimación del punto para ETA1-ETA2 es 14,000

95,0 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es (13,001.14,999)

W = 3060,0

Prueba de ETA1 = ETA2 vs. ETA1 > ETA2 es significativa en 0,0000

La prueba es significativa en 0,0000 (ajustado por empates)

Como conclusión, se tiene que para el número de entidades salientes del sistema, el intervalo de confianza indica que con la seguridad del 95%, la diferencia entre las dos medianas de las poblaciones es mayor o igual a 13.001 y menor o igual a 14.99. Dado que 0 no está dentro del intervalo de confianza, se puede rechazar  $H_0$  con 95% de seguridad y se concluye que las medianas del sistema propuesto es mayor que la mediana del sistema actual. Por lo tanto, el modelo propuesto permite el incremento en el número de unidades producidas en el sistema.

#### 4.5.1. Consideraciones de la propuesta.

Según los análisis de la disposición del área de producción, mostrados en el Capítulo 3, la mejor alternativa es la generada por el método del SLP. Sin embargo, los espacios utilizados para el desarrollo son los actuales, donde se encuentran cinco operarios en la estación de limpieza y uno en las demás estaciones. Para que la propuesta de balanceo de los operarios sea factible se debe considerar el espacio necesario según la cantidad requerida de operadores. Las nuevas áreas de las estaciones se muestran en el anexo 34. El total del área requerida es menor al actual, lo que quiere decir que las estaciones deben ordenarse internamente para un mayor aprovechamiento del lugar. Con estos datos se procede a modificar el modelo propuesto del SLP. La modificación se muestra en el anexo 35, en la cual la nueva disposición presenta una eficiencia del 79%. Este valor es superior a los indicadores de las otras propuestas, por lo que se le debe considerar como la mejor disposición para el área de producción.

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **5.1. Conclusión General.**

Dado el estudio de los tiempos de operación de cada estación de las ventanas de PVC con perfil europeo; se pudo identificar los principales problemas que ocurren dentro del área de producción. A través de herramientas de diagramación y entrevistas con la gente encargada del proceso se pudo determinar las causas asignables a problemas de cada área del proceso. Por lo que se consideró necesario iniciar con un mejoramiento de la disposición actual de la planta para organizar los procesos y poder identificar problemas más específicos. Con este planteamiento se pudo aumentar la eficiencia del diseño actual de la planta de 36.20% a 79%, a la vez conseguir una menor ocupación del espacio. De esta manera el espacio dentro de la planta de producción facilita las operaciones de esta área y ayuda al control e inspección dentro del proceso.

Adicionalmente, fue necesario asignar a los operadores de manera eficiente de acuerdo al tiempo de ciclo de la actividad con sus respectivos suplementos, y separar operaciones según el tipo de material utilizado para realizar el producto para mejorar el desempeño del diseño propuesto y lograr aproximarse al estándar de producción establecido con 21 unidades salientes.

### **5.2. Conclusiones Específicas.**

#### **5.2.1. Conclusiones acerca del área de producción de la empresa DIMALVID.**

- Durante el levantamiento del proceso y entrevistas con la gerencia y los encargados del proceso, se identificaron problemas en el transporte de los

materiales y operadores dentro de la planta. Principalmente, se observó tiempos que no agregan valor al producto ocasionados por recorridos distantes entre las estaciones de trabajo. Después de realizar el análisis de las causas de este problema se concluyó que el motivo principal es la distribución de las estaciones dentro de área de producción.

- Al momento de analizar la disposición actual se evidenciaron recorridos frecuentes con grandes distancias de separación, además de dificultad de movimiento de los operadores.
- El transporte de los materiales dentro del área de producción depende directamente del equipo de transporte, por lo que la gerencia y la literatura consideran enfocar el objetivo en la reducción de las distancias entre las estaciones de trabajo del área de producción.
- Se analizó los flujos estableciendo una unidad de comparación: la cantidad de viajes realizadas por los operarios, y se los analizó de manera cuantitativa y cualitativa para seguir con los pasos sugeridos para el análisis del diseño actual de la planta.
- El valor de eficiencia de la planta actual es de 36.20% por lo que se toma la decisión de aplicar un algoritmo de mejoramiento tanto cualitativo como cuantitativo.
- Mediante el uso de algoritmos para el mejoramiento del diseño de plantas, se realizaron tres propuestas. Se consideraron estos tres métodos ya que uno se ajustaba a datos de entrada cualitativos, otro a datos de entrada cuantitativos

y otro se usaba tanto para el mejoramiento como para la construcción de layouts. De esta manera se aseguró que el resultado obtenido era el óptimo.

- Se utilizó el procedimiento establecido por Muther, SLP para diseñar una propuesta de mejora con la cual se obtuvo un mejoramiento considerable basado en las adyacencias con una eficiencia de 79%.
- El método CRAFT, es un algoritmo para el mejoramiento de la disposición actual de intercambio pareado. Este fue utilizado para proponer una segunda propuesta para la distribución de la planta, con la cual se obtuvo una eficiencia de 46.55%
- El método BLOCPLAN, es un algoritmo de construcción y mejoramiento de layout. Con el cual se obtuvo una eficiencia de 69.02%.
- La disposición de mayor eficiencia fue la propuesta a través de método de SLP.

#### 5.2.2. Conclusiones de la Simulación.

- El estudio de tiempos y su análisis, facilitó la estandarización del tiempo de operación de cada estación. Así, se pudo determinar los factores principales que impiden llegar al nivel de producción internacional.
- Se realizó un estudio de simulación a través del programa Arena, para analizar el proceso actual del área de producción y de esta manera identificar los tiempos de demora en cada estación, cuellos de botella, utilización de los operadores y productos salientes del proceso.
- La utilización de los operadores no está balanceada correctamente, así mismo las mesas no están siendo utilizadas correctamente.

- Se pudo identificar los procesos que mayor tiempo de espera tenían que fueron los de Soldadura I y Divisores y Acoples.
- Mediante la correcta asignación de operadores dentro de la empresa a cada estación se obtiene un mejor desempeño de la planta actual.
- Es importante considerar la separación de las ventanas de perfil americano a una estación aparte y compartir tareas entre las estaciones de corte.
- Se debe considerar la nueva disposición del método SLP, ya que esta considera los espacios necesarios para la nueva cantidad e operarios requeridos para cada estación de trabajo.

### 5.3. Recomendaciones Generales.

- Se recomienda modificar el diseño actual del área de producción mediante el resultado obtenido a través de SLP, debido a que aumenta significativamente la eficiencia comparada con la actual.
- Es importante juntar las estaciones que tienen operaciones iguales o similares, como las dos estaciones de corte ya que de esta manera se tendrá un mejor control y menos desplazamiento del producto y de los operadores. De igual manera la estación de soldadura con la de refuerzos.
- El proceso de Soldadura I es un cuello de botella, por lo que se recomienda que se agreguen más trabajadores a este proceso para balancear la carga de cada trabajador.
- Se recomienda reducir el número de mesas en el área de limpieza para dar soporte a las otras estaciones que están copadas.

- Se recomienda un estudio en el diseño de cada estación de trabajo. De igual manera un estudio Hombre – Máquina, para profundizar el estudio de la utilización de los operadores..
- Se recomienda el estudio de la bodega ya que muchos operadores incurren en actividades de búsqueda que frecuentemente toman dos horas diarias del tiempo total de producción.
- El sistema de obtención de materias primas desde la bodega es demasiado largo y demoroso, por lo que se recomienda una reestructuración de este proceso para facilitar el trabajo de recolección.
- Se recomienda implementar herramientas de organización dentro de las estaciones de trabajo para obtener un mejor ambiente laboral para el trabajador.
- Se recomienda iniciar con la toma de datos para registro, elaboración y análisis de métricas importantes para conocer a más detalle, el estado de la empresa y facilitar la toma de decisiones.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Alvis Gordo, J. F., & Sotelo Muñoz, M. A. (2009). Identificación de las causas que alteran el rendimiento de los equipos de extracción de madera. Estudio de tiempos y movimientos. *BIotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 7(2), 15 - 23.
- Arango, M., Cano, J. A., & Álvares, K. C. (2012). Modelos de Sistemas MRP cerrados integrando incertidumbre. *Revista EIA*, 61-76.
- Arciniegas, W. A., & Sánchez, V. A. (Mayo de 2012). *Propuesta de rediseño de layout y mejoramiento en el flujo de materiales para área de producción de la empresa FAME S.A.* Obtenido de Repositorio USFQ:  
<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1445/1/104167.pdf>
- Arena Software.*
- Baez, Y. A., Limon, J., Tlapa, D. A., & Rodriguez, M. (2010). *Aplicacion de Seis Sigma y Métodos Taguchi*. Recuperado el 16 de Febrero de 2014, de  
[http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642010000100011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642010000100011&script=sci_arttext)
- Banks, J., Carson, J., Nelson, B., & Nicol, D. (2005). *Discrete - Event System Simulation*. (Cuarta ed.). Pearson Prentice Hall.
- Chang, R., Niedzwiecki, E., & Gorín, J. (1999). *Las Herramientas para la Mejora Continua de la Calidad*. (Vol. II). Ediciones Granica S.A.
- Coss Bú, R. (1998). *Simulación: un enfoque práctico*. México: Limusa.



- Diez, J., & Abreu, J. (2009). Impacto de la capacitacion interna en la productividad y estandarizacion de procesos productivos: un estudio de caso. *Revista Daena, IV(2)*, 97 - 144.
- Fernández, R. (2006). *Sistemas de Gestión de la Calidad, Ambiente y Prevención de Riesgos Laborales*-. España: Editorial Club Universitario.
- Flores, F. O., Rodiles, F. F., Sentiez, O., & Trujillo, C. (2010). Software educativo para el manejo automatizado de la formación de células de manufactura a través de método AFP. *Revista Internacional de Educacion en Ingenieria, 3(1)*, 1-6.
- Franco, D. (12 de Enero de 2014). DIMALVID. (V. Rivadeneira, Entrevistador)
- Franco, D. (15 de Abril de 2014). Operaciones DIMALVID. (V. Rivadeneira, Entrevistador)
- Frutos - Alazard, M., & Tohmé - Hauptmann, F. (2012). Técnicas Evolutivas en problemas multi - objetivos en el proceso de planificación de la producción. *Ingenieria Industrial, 33(1)*, 50-59.
- FUNDIBEC. (2012). *Diagrama de Flujo*. Recuperado el 01 de Febrero de 2014, de [http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama\\_de\\_flujo.pdf](http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama_de_flujo.pdf)
- INEC. (2013). *Informe Ejecutivo IVI-CIIU*. Ecuador.
- Jense, P. A. (2004). *Facility Layout Add - In*. Recuperado el 05 de Abril de 2014, de [https://www.me.utexas.edu/~jensen/ORMM/omie/computation/unit/lay\\_add/lay\\_add.html](https://www.me.utexas.edu/~jensen/ORMM/omie/computation/unit/lay_add/lay_add.html)

- Jia, Z., LU, X., Wang, W., Jia, D., & Wang, L. (2011). Desing and implementation of Lean Facility Layout system of a production line. *Internationl Journal of Industrial Engineering*, 18(5), 260-269.
- Levin, R., & Rubin, D. (2004). *Estadística para administración y economía*. (Séptima ed.). México: Pearson Education.
- Martinez Recalde, R. A., Montoya Restrepo, E. C., Vélez Zape, J. C., & Oliveros Tascón, C. E. (2005). *Estudio de tiempos de la recoleccion manual del café en condiciones de alta pendiente*. Recuperado el 16 de Enero de 2014, de Biblioteca Conmemorativa Orton: <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=orton.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mn=081198>
- Matai, R., Singh, S. P., & Mittal, M. L. (2010). *Facility Layout Problem: A State-of-the-art Review*. Recuperado el 01 de Abril de 2014, de Vilakshan: The XIMB Journal Of Management: <http://web.a.ebscohost.com.ezbiblio.usfq.edu.ec/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=09fdd970-87af-40ea-882a-ab93f4b9aa1b%40sessionmgr4005&vid=9&hid=4107>
- McDonald, T., Van, A. E., & Ellib, K. (2011). Utilizing simlation to evaluate production line performance under varying demand conditions. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 1-13.
- Meyers, F., & Stephens, M. (2006). *Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales* (Tercera ed.). Pearson Education.

Montenegro, J. P. (Junio de 2013). *Propuesta de mejoramiento de la disposición de las instalaciones y análisis de capacidad de los procesos de servicio post venta y mantenimiento preventivo del taller de Quito Motors S.A.C.I. - Concesionario autorizado FORD*. Obtenido de Repositorio USFQ:  
<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2728>

Minitab15 Software.

Montenegro, M. (2012). *Pruebas de Bondad de Ajuste*. Recuperado el 19 de Abril de 2014, de Departamento de Estadística. universidad de Oviedo:  
[http://bellman.ciencias.uniovi.es/estadistica2/estadistica2\\_archivos/ajuste.pdf](http://bellman.ciencias.uniovi.es/estadistica2/estadistica2_archivos/ajuste.pdf)

Montgomery, D. (1991). *Control Estadístico de la Calidad*. . Grupo Editorial Iberoamérica.

Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2004). *Probabilidad y estadísticas aplicadas a la ingeniería*. (Vol. Segunda Edición.). Mexico DF.: Limusa S.A.

Morales Vallejo, P. (13 de Diciembre de 2012). *Tamaño necesario de la muestra*.  
Recuperado el 13 de Marzo de 2014, de Universidad Pontifica Comillas:  
<http://web.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/Tama%F1omuestra.pdf>

Muther, R. (1968). *Planificación y Proyección de la Empresa Industrial*. Barcelona, España: Editores Técnicos Asociados S.A.

Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo* (Duodécima ed.). México: McGrawHill.

Ortiz Flores, F., Nuño de la Parra, P., & Torres Osorio, R. (2008). Comparación del sistema de costos estandar y la teoría de restricciones para el control de flujo de materiales

mediante un modelo de simulación. *Revista de Alta Tecnología y Sociedad*, 2(1), 1-15.

Osorio, G. (2005). *Cadena De Valor*. Recuperado el 30 de Abril de 2014, de <http://www.grupoconsultoria.com.co/valor.doc>

Owens, R. (2011). Advancing Facility Planning. Education and practice in Asia fall short of Europe and the United States. 1 - 6.

Párraga, D., Zañeruelo, M., Montenegro, C., & Leal, E. (2010). Estandarización de las tasa de captura en la pequería de gamba frente a la costa central de Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 38(1), 143-149.

Ramos Menéndez, K. V., & Flores Aliaga, E. M. (Abril de 2013). *Análisis y propuesta de implementación de pronósticos, gestión de inventarios y almacenes en una comercializadora de vidrios y aluminios*. Recuperado el 16 de Enero de 2014, de Pontifici Universidad Católica del Perú.: [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4498/RAMOS\\_KAREN\\_Y\\_FLORES\\_ENRIQUE\\_INVENTARIOS\\_VIDRIOS\\_ALUMINIOS.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4498/RAMOS_KAREN_Y_FLORES_ENRIQUE_INVENTARIOS_VIDRIOS_ALUMINIOS.pdf?sequence=1)

Ríos, C. (10 de Febrero de 2014). Operaciones en el área de producción de DIMALVID. (V. Rivadeneira, Entrevistador) Quito, Pichincha, Ecuador.

Ruiz - Usano, R., Framiñán, J., Crespo, A., & Muñoz, M. (2012). *Sistemas de Control Push - Pull*. Recuperado el 16 de Enero de 2014, de Escuela Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla: <http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2001/simulacion/US-5.pdf>

- Sortier, S. B., & Estrada, F. S. (1999). Diagrama de flujo para el tratamiento de las fracturas expuestas en urgencias. Revisión epidemiológica y determinación de costos. *Revista Mexicana de Ortopedia y Traumatología.*, 13(5), 431-437.
- Sule, D. (2001). *Instalaciones de Manufactura* (Segunda ed.). México: Thomson.
- Sun, L., Heragu, S., Chen, L., & Spearman, M. (2012). Comparing dynamic risk - based scheduling methods wit MRP via simulation. *International Journal of Production research*, 921-937.
- TECNOCOM. DIVISIÓN PERFILES. (2009). *LINEA NEWEN: Manual Técnico* (Vol. E05).
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. A. (2006). *Planeación de Instalaciones* (Tercera ed.). México: Thomson.
- Universidad Cristhian Murbinaio. (2012). *El programa Arena para la simulación*. Recuperado el 10 de Abril de 2012, de <http://unicristhiamurbinaio.files.wordpress.com/2011/03/el-programa-arena-para-simulacic3b3n.pdf>
- Villanueva Castrillón, J. (2008). La simulación de procesos, clave en la toma de decisiones. *DYNQ - Ingeniería e Industria.*, 83(4), 221-227.
- Wiyaratin, W., & Watanapa, W. (2010). Improvement Plant Layout Using Systematic Layout Planning (SLP) for Increased Productivity. *World Academy of Science, Engineering and Technology.*, 1 - 7.



















Xiao, Y., Seo, Y., & Seo, M. (2013). A two-step heuristic algorithm for layout design of unequal sized facilities with input/output points. *International Journal of Production Research*, 4200-4222.

Yacuzzi, E., Pinchuk, D., Wood, R., & Kakazu, S. (2009). Diseño de un layout de planta: Marmicoc. *Documento de Trabajo*, 1-43.

## ANEXOS






## ANEXO 1. Materiales para la elaboración de ventanas de PVC

## ▷ Perfiles principales

	Código	Descripción	Serie	Código Color
	PH1010	Hoja puerta DZ	DZ 89-46	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PH1011	Hoja ventana DZ	DZ 74-46	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PH1012	Hoja ventana chica DZ	DZ 74-36 DZF 74-36 MQ 74	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PH1014	Hoja mosquitero	MQ 59	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PH1020	Hoja apertura interior DC	DC 82	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PH1021	Hoja puerta apertura interior DC	DC 100	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PH1022	Hoja apertura exterior DC	DC 82	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PH1023	Hoja apertura interior DC 66	DC 66	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PH1024	Hoja puerta apertura exterior DC	DC 100	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PH1025	Hoja apertura exterior DC 66	DC 66	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PM1220	Marco DC	DC 82 DC 100	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PM1221	Adaptador 58 mm		Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PM1222	Marco DC 66	DC 66	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PM1230	Guía acoplada DZ para mosquitero	MQ 74	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PM1231	Marco guía mosquitero	MQ 59	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PM1240	Marco chico DZ	DZ 74-36	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PM1241	Marco Corredizo-Pañó Fijo 36	DZ 74-36	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	PM1250	Marco DZ	DZ 74-46 DZ 89-46	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras

*Figura 45. Perfiles Principales TECNOCOM*

*Fuente:* (TECNOCOM. DIVISIÓN PERFILES, 2009)











	Código	Descripción	Serie	Código Color
	<b>PM1260</b>	Marco 3 guías DZ	DZ 89-46	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	<b>AU4032</b>	Umbral DZ Aluminio	DZ 89-46	Blanco 15: Gris 00: Golden Oak 20: Negro 05: Natural Oak 25: Verde 10: Sapelli 45: Peltre
	<b>PP1120</b>	Poste DZ	DZ 74-46 DZ 89-46	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	<b>PP1121</b>	Poste DC	DC 66 DC 82	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	<b>PP1122</b>	Poste chico DZ	DZ 74-36	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	<b>PB1122</b>	Batiente DC	DC 66 DC 82 DC 100	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras

*Figura 46. Perfiles Principales (Continuación)*

*Fuente:* (TECNOCOM. DIVISIÓN PERFILES, 2009)




















▷ **Contra vidrios**

	Código	Descripción	Código Color
	<b>PC1401</b>	Contra vidrio 6,5 mm	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PC1402</b>	Contra vidrio 13,5 mm	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PC1403</b>	Contra vidrio 18,5 mm	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PC1404</b>	Contra vidrio 24,5 mm	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PC1405</b>	Contra vidrio 30,5 mm	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PC1411</b>	Contra vidrio Moldurado 6,5 mm	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PC1412</b>	Contra vidrio Moldurado 13,5 mm	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PC1413</b>	Contra vidrio Moldurado 18,5 mm	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PC1414</b>	Contra vidrio Moldurado 24,5 mm	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PC1415</b>	Contra vidrio Moldurado 30,5 mm	Todos (ver lista) *1 cara

*Figura 47. Contra vidrios*

*Fuente: (TECNOCOM. DIVISIÓN PERFILES, 2009)*














▷ **Perfiles auxiliares**

	Código	Descripción	Código Color
	<b>PA1301</b>	Perfil embellecedor chico 39 x 57	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1302</b>	Perfil embellecedor 56 x 67	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1303</b>	Perfil remate exterior	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1304</b>	Perfil remate interior 25 mm	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1305</b>	Perfil remate interior 40 mm	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1306</b>	Perfil remate interior 60mm	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1309</b>	Perfil acople 20 x 3	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1310</b>	Encuentro hoja chica DZ	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1310/1</b>	Encuentro Corredizo-Paño Fijo 36	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1311</b>	Encuentro hoja DZ	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1312</b>	Perfil acople 25 x 8	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1313</b>	Perfil acople 25 x 28	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1314</b>	Tapa ranura marco DC	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1315</b>	Tapa Canal Herraaje DC	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1316</b>	Remate ext./int. 15 x 15	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1317</b>	Remate ext./int. 18 x 18	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1318</b>	Remate ext./int. 18 x 26	Todos (ver lista) *1 cara

*Figura 48. Perfiles Auxiliares*

*Fuente: (TECNOCOM. DIVISIÓN PERFILES, 2009)*

▷ **Perfiles auxiliares**

	Código	Descripción	Código Color
	<b>PA1319</b>	Machimbre 14 x 86	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	<b>PA1320</b>	Rotula para ángulo variable	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1321</b>	Adaptador de rótula 58 mm	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	<b>PA1322</b>	Complemento 12 mm	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1323</b>	Guía inferior de hoja mosquitero	Blanco 00: Golden Oak    10: Sapelli 05: Natural Oak    15: Gris
	<b>PA1324</b>	Cover Profile exterior	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1325</b>	Cover Profile interior	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1326</b>	Encastre para PA1324	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1327</b>	Contramarco 80 mm	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1328</b>	Esquina 90°	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1329</b>	Compensador de marco 58x30 mm	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	<b>PA1331</b>	Tapa Corredizo-Paño Fijo 36	Todos (ver lista) *1 cara
	<b>PA1332</b>	Contramarco 3x25 mm	Todos (ver lista) *1 cara

*Figura 49. Perfiles Auxiliares (Continuación)*

*Fuente: (TECNOCOM. DIVISIÓN PERFILES, 2009)*

▷ Accesorios y perfiles complementarios





































	Código	Descripción	Código Color
	AU4001	Remate batiente	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapelli 40: Nogal 15: Gris 45: Petre
	AU4002	Zapata de estanqueidad poste	
	AU4004	Solera puerta o Umbral Aluminio	Anodizado natural
	AU4005	Goterón Aluminio	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapelli 40: Nogal 15: Gris 45: Petre
	AU4005/1	Suplemento inferior de hoja Aluminio	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapelli 40: Nogal 15: Gris 45: Petre
	AU4006	Puente de acristalar para marco DC	
	AU4006/1	Puente de acristalar para marco DZ	
	AU4006/2	Puente de acristalar para marco chico DZ	
	AU4007	Escuadra poste	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapelli 40: Nogal 15: Gris 45: Petre
	AU4007/1	Junta para escuadra de poste	
	AU4007/2	Escuadra Poste chico DZ	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapelli 40: Nogal 15: Gris 45: Petre
	AU4007/3	Escuadra Poste Corredizo-Paño Fijo 36	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapelli 40: Nogal 15: Gris 45: Petre
	AU4008	Guía de aluminio DZ Aluminio	Anodizado natural
	AU4009	Perfil adaptador encuentro DZ Aluminio	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapelli 40: Nogal 15: Gris 45: Petre
	AU4010	Cortaviento para marco DZ	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapelli 40: Nogal 15: Gris 45: Petre
	AU4010/1	Cortaviento para marco chico DZ	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapelli 40: Nogal 15: Gris 45: Petre
	AU4010/2	Cortaviento Umbral DZ (AU4032)	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapelli 40: Nogal 15: Gris 45: Petre
	AU4010/3	Cortaviento Corredizo-Paño Fijo 36	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapelli 40: Nogal 15: Gris 45: Petre

Figura 50. Accesorios y perfiles complementarios.

Fuente: (TECNOCOM. DIVISIÓN PERFILES, 2009)

▷ **Perfiles auxiliares**

	Código	Descripción	Código Color
	<b>AU4011</b>	Pieza de clipar Aluminio	
	<b>AU401220</b>	Unión umbral derecho/izquierdo	Negro
	<b>AU4013</b>	Tapa desagüe	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapeili 40: Nogal 15: Gris 45: Petre
	<b>AU4014</b>	Calzo 2 mm	Rojo
	<b>AU4015</b>	Calzo 3 mm	Verde
	<b>AU4016</b>	Calzo 4 mm	Amarillo
	<b>AU4017</b>	Calzo 5 mm	Azul
	<b>AU4018</b>	Calzo 6 mm	Negro
	<b>AU4019</b>	Tapa ranura DZ Aluminio	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapeili 40: Nogal 15: Gris 45: Petre
	<b>AU4019/P</b>	Tapa ranura DZ PVC	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapeili 40: Nogal 15: Gris 45: Petre
	<b>AU4020</b>	Cierre de encuentro para 4 hojas DZ Aluminio	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapeili 40: Nogal 15: Gris 45: Petre
	<b>AU4021</b>	Estabilizador hoja mosquitero liviano Aluminio	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapeili 40: Nogal 15: Gris 45: Petre
	<b>AU4022</b>	Encuentro para alta inercia DZ Aluminio	
	<b>AU4023</b>	Tope amortiguador DZ	Bianco 10: Sapeili 00: Golden Oak 15: Gris 05: Natural Oak 20: Negro
	<b>AU4024</b>	Guía superior mosquitero Aluminio	Anodizado natural
	<b>AU4025</b>	Kit de hoja mosquitero suspendido 2 juegos por bolsa. Con: pislina der./izq., soporte rueda con rueda der./izq., tornillos y juntas inf. y sup.	
	<b>AU4026</b>	Kit de hoja mosquitero ventana 2 juegos por bolsa. Con: ruedas, tornillos y junta inf./sup.	
	<b>AU4027</b>	Kit de hoja mosquitero fijo 2 juegos por bolsa. Con: soporte y traba hoja.	Bianco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapeili 40: Nogal 15: Gris 45: Petre

*Figura 51. Perfiles Auxiliares*

*Fuente: (TECNOCOM. DIVISIÓN PERFILES, 2009)*

▷ **Perfiles auxiliares**








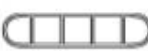






	Código	Descripción	Código Color
	<b>AU4034</b>	Unión Umbral DZ	Blanco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapelli 40: Nogal 15: Gris 45: Peltre
	<b>AU4035</b>	Remate esquina Umbral DZ	Blanco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapelli 40: Nogal 15: Gris 45: Peltre
	<b>AU4036</b>	Postizo Umbral DZ Aluminio	Blanco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapelli 40: Nogal 15: Gris 45: Peltre
	<b>AU4041</b>	Celosía perforada	Blanco
	<b>AU4042</b>	Mallorquina regulable	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	<b>AU4043</b>	Machimbre 18 mm	Todos (ver lista) *1 cara/2 caras
	<b>AU4044</b>	Perfil ajuste	Blanco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapelli 40: Nogal 15: Gris 45: Peltre
	<b>AU4045</b>	Mallorquina fija	Blanco 25: Verde 00: Golden Oak 30: Cherry 05: Natural Oak 35: Gris metalizado 10: Sapelli 40: Nogal 15: Gris 45: Peltre
	<b>AU4046</b>	Recibidor mallorquina fija Tira de 2500 mm. Kit con recibidor mallorquina fija izquierda/derecha	Blanco
	<b>AU4047</b>	Recibidor mallorquina regulable Tira de 2500 mm. Kit con recibidor mallorquina regulable izquierda/derecha	Blanco
	<b>AU4048</b>	Herraje porta tablilla regulable Kit con porta tablillas izq./der. y adaptadores izq./der. *Consulta por cantidad de tablillas	
	<b>AU4049</b>	Manija negra izquierda	Negro
	<b>AU4049/1</b>	Manija negra derecha	
	<b>AU4050</b>	Manija blanca izquierda	Blanco
	<b>AU4050/1</b>	Manija blanca derecha	
	<b>AU4051</b>	Soporte Hoja mosquitero	Blanco 15: Gris 00: Golden Oak 25: Verde 05: Natural Oak 30: 10: Sapelli

Figura 52. Perfiles Auxiliares (Continuación)

Fuente: (TECNOCOM. DIVISIÓN PERFILES, 2009)

▷ Refuerzos

















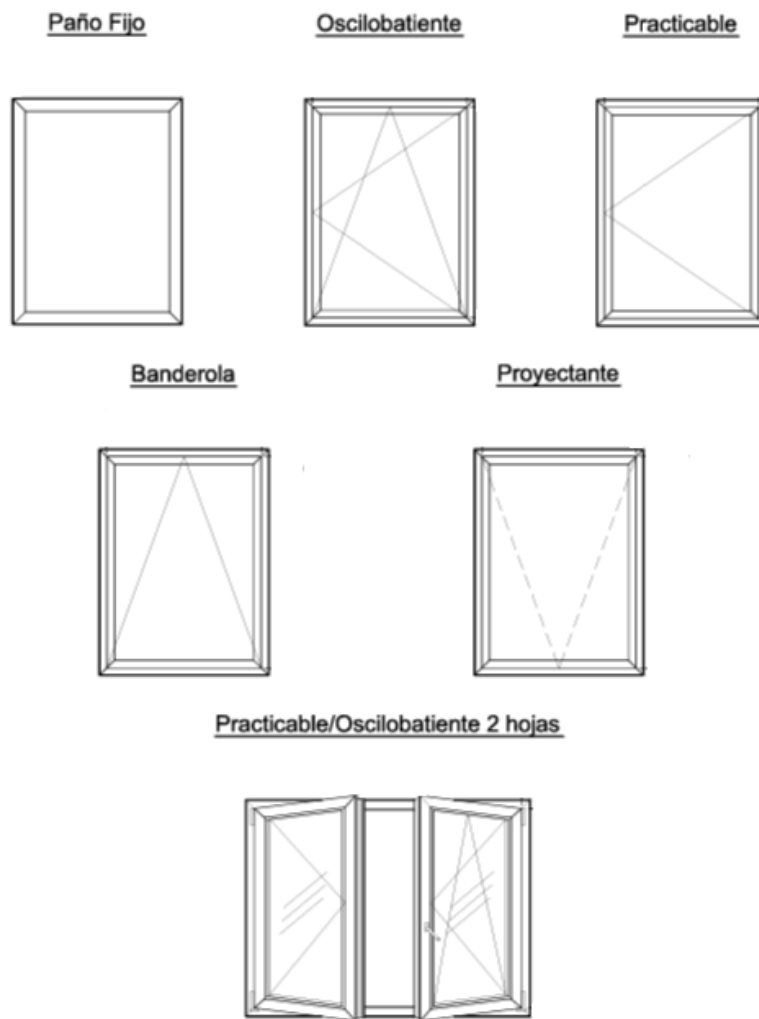
	Código	Descripción
	<b>PR2001</b>	Refuerzo marco DC 30 x 30
	<b>PR2001/1</b>	Refuerzo Marco DC abierto 30 x 30 x 1,2
	<b>PR2002</b>	Refuerzo hoja apertura interior DC
	<b>PR2003</b>	Refuerzo batiente DC 50 x 10
	<b>PR2004</b>	Refuerzo poste DC 25 x 30
	<b>PR2005/1</b>	Refuerzo hoja apertura exterior DC
	<b>PR2006</b>	Refuerzo hoja puerta DC
	<b>PR2007</b>	Refuerzo cerrado hoja puerta DC
	<b>PR2008</b>	Refuerzo poste DZ 25 x 15
	<b>PR2009</b>	Refuerzo hoja puerta DZ 30 x 35
	<b>PR2009/1</b>	Refuerzo hoja puerta DZ 30 x 35 x 3 Tira de 2600 mm
	<b>PR2010</b>	Refuerzo marco/hoja DZ/DC 30 x 20
	<b>PR2011</b>	Refuerzo embellecedor grande 60 x 40
	<b>PR2012</b>	Refuerzo embellecedor chico 50 x 25
	<b>PR2013</b>	Refuerzo para rótula de ángulo variable
	<b>PR2014</b>	Refuerzo corredera paralela/plegable

Figura 53. Refuerzos

Fuente: (TECNOCOM. DIVISIÓN PERFILES, 2009)

## ANEXO 2. Sistemas de perfiles para ventanas de PVC



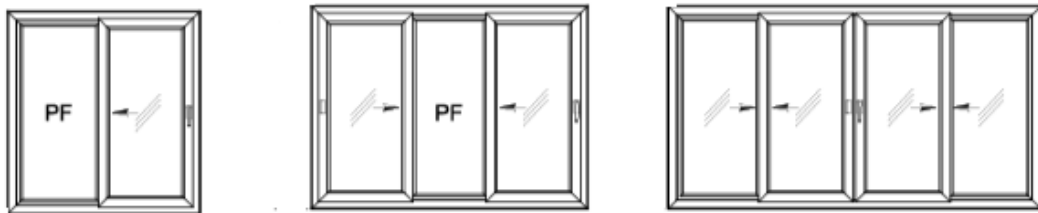
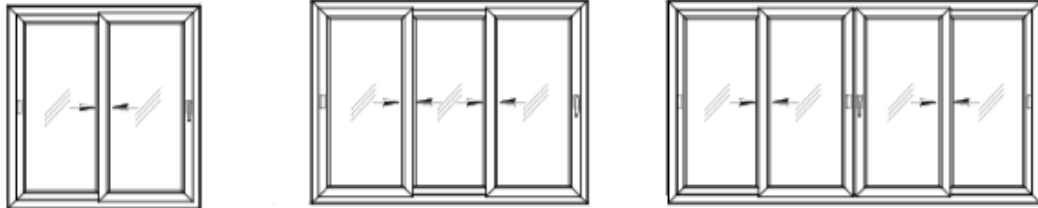
*Figura 54. Sistema Doble Contacto*

*Fuente: (TECNOCOM. DIVISIÓN PERFILES, 2009)*

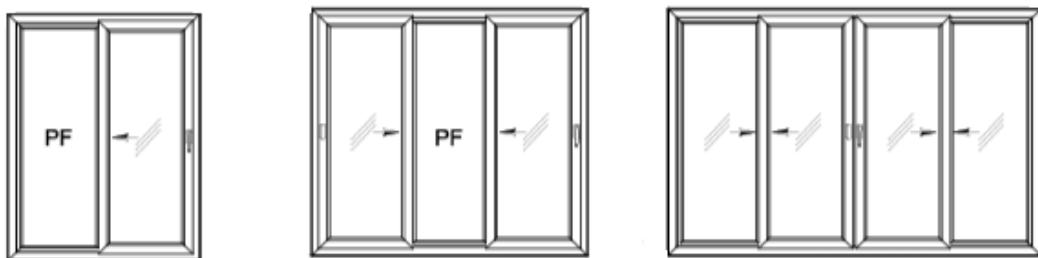


▷ **Sistema Corredizo**

Ventana:



Puerta:



*Figura 55. Sistema Corredizo*

*Fuente: (TECNOCOM. DIVISIÓN PERFILES, 2009)*

## ANEXO 3. Medición del flujo cuantitativo.

Tabla 24. Tabla Desde - Hacia Flujo Cuantitativo

Hacia Desde	Bodega Principal	Corte Principal	Corte II	Soldadura I	Soldadura II	Refuerzos	Limpieza	Bodega Accesorios	Bordeado	Divisores & Acoples	Almacenamiento Producto Final
<b>Bodega Principal</b>		6	5	0	0	0	0	0	5	5	0
<b>Corte Principal</b>	6		0	30	0	0	0	0	0	0	0
<b>Corte II</b>	5	0		0	11	0	0	0	0	0	0
<b>Soldadura I</b>	0	30	0		0	15	19	2	0	0	0
<b>Soldadura II</b>	0	0	11	0		11	15	3	0	0	0
<b>Refuerzos</b>	0	0	0	15	11		0	0	0	0	0
<b>Limpieza</b>	0	0	0	19	15	0		0	8	4	0
<b>Bodega Accesorios</b>	5	0	0	2	3	0	0		4	5	0
<b>Bordeado</b>	5	0	0	0	0	0	8	4		13	3
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	0	0	0	0	0	0	4	5	13		10
<b>Almacenamiento Producto Final</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	

Elaboración Propia

## ANEXO 4. Distancias entre cada estación de trabajo.

Tabla 25. Tabla Desde - Hacia Distancias entre cada estación de trabajo (metros)

Hacia Desde	Bodega Principal	Corte Principal	Corte II	Soldadura I	Soldadura II	Refuerzos	Limpieza	Bodega Accesorios	Bordeado	Divisores & Acoples	Almacenamiento Producto Final
<b>Bodega Principal</b>		121	140,90	119,83	117,75	129,88	124,38	133,04	138,67	139,71	141,04
<b>Corte Principal</b>	121		32,5	6,5	6	20,83	13,83	23,83	28,83	23,33	20,83
<b>Corte II</b>	140,90	32,5		28	30	35,5	22,5	26,5	9,5	13	35,5
<b>Soldadura I</b>	119,83	6,5	28		6	23	17	26	31	25,5	24
<b>Soldadura II</b>	117,75	6	30	6		18	11	17	26	20,5	18
<b>Refuerzos</b>	129,88	20,83	35,5	23	18		19	7	8	2,5	11
<b>Limpieza</b>	124,38	13,83	22,5	17	11	19		18	21	15,5	19
<b>Bodega Accesorios</b>	133,04	23,83	26,5	26	17	7	18		20	14,5	29
<b>Bordeado</b>	138,67	28,83	9,5	31	26	8	21	20		8,5	30
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	139,71	23,33	13	25,5	20,5	2,5	15,5	14,5	8,5		24,5
<b>Almacenamiento Producto Final</b>	141,04	20,83	35,5	24	18	11	19	29	30	24,5	

Elaboración Propia

## ANEXO 5. Análisis estadístico de los datos para el flujo entre estaciones de trabajo.

Tabla 26. Análisis estadísticos de los datos de flujo por día.

Observación	Bodega Principal a Corte Principal	Bodega Principal a Corte II	Bodega Principal a Bordeado	Bodega Principal a Divisores & Acoples	Corte Principal a Soldadura I	Corte II a Soldadura II	Soldadura I a Limpieza	Soldadura I a Refuerzos	Soldadura I a Bodega Accesorios
1	6	5	5	5	30	10	14	19	1
2	5	5	5	5	29	10	13	19	2
3	6	5	5	2	29	10	13	19	3
4	5	5	6	1	30	11	13	19	3
5	6	5	5	5	30	11	13	19	3
6	6	5	5	5	30	11	13	18	1
7	6	5	5	5	30	11	13	18	3
8	6	5	5	5	26	11	15	18	2
9	6	5	5	5	29	11	15	18	2
10	6	5	5	5	29	11	15	18	2
11	6	3	6	5	29	9	15	19	2
12	6	5	5	5	30	10	15	18	2
13	4	5	5	5	30	11	15	19	2
14	6	5	5	5	30	11	15	19	2
15	6	5	5	5	30	11	15	19	2
16	6	5	5	5	30	11	15	19	2
17	6	5	5	5	30	11	15	19	2
18	6	5	5	5	30	11	15	19	2
19	6	4	5	5	30	11	15	19	2
20	6	4	5	5	27	11	14	17	1
21	6	5	5	5	30	11	14	19	1
22	6	5	4	5	30	10	15	19	1

23	6	5	5	5	30	10	15	19	1
24	6	5	5	5	30	10	15	19	1
25	4	5	5	5	30	11	15	19	1
26	6	5	5	5	30	11	15	19	2
27	6	5	5	5	28	9	15	19	2
28	6	5	5	5	30	11	15	17	2
29	6	5	5	5	28	11	15	19	2
30	6	5	5	6	30	11	14	19	2
31	6	5	5	5	29	11	15	19	2
32	6	5	5	5	29	11	15	19	2
33	6	5	5	5	29	11	15	19	2
34	6	5	5	5	28	11	15	19	3
35	6	5	5	5	30	11	15	19	3
36	5	5	5	5	30	11	15	19	2
37	6	5	5	5	30	11	15	19	2
38	6	5	5	5	30	11	15	19	2
39	6	5	5	5	30	11	14	19	2
40	6	4	5	5	30	11	15	19	2
41	6	5	5	5	30	11	15	18	2
42	6	5	5	5	30	11	15	19	2
43	6	5	5	5	30	11	15	19	2
44	6	5	5	5	30	11	15	19	2
Total	257	215	221	214	1299	473	643	825	
Promedio	5.840909091	4.886363636	5.022727273	4.863636364	29.52272727	10.75	14.61363636	18.75	86
Moda	6	5	5	5	30	11	15	19	1.954545455
Mediana	6	5	5	5	30	11	15	19	2
Percentil 90	6	5	5	5	30	11	15	19	2
Desv.	0.479494977	0.386752074	0.263132857	0.76526053	0.901900741	0.533744996	0.722267395	0.533744996	2

Estand									
Rango	2	2	2	5	4	2	2	2	2

*Elaboración propia.*

Tabla 27. Análisis estadístico de los datos de flujo por día (continuación)

Observación	Soldadura II a Refuerzos	Soldadura II Limpieza	Soldadura II a Bodega Accesorios	Limpieza a Bordeado	Limpieza a Divisores & Acoples	Bodega Accesorios a Bordeado	Bodega Accesorios a Divisores & Acoples	Divisores & Acoples a Almacenamiento Producto Final	Bordeado a Divisores & Acoples	Bordeado a Almacenamiento Producto Final
1	10	15	3	7	2	2	5	11	3	10
2	10	15	3	8	2	3	5	11	3	10
3	10	15	3	7	2	2	5	15	3	10
4	10	15	3	8	2	3	5	13	3	10
5	10	15	3	8	5	4	5	13	3	10
6	10	15	3	8	5	4	5	13	3	10
7	10	15	3	8	5	4	5	13	3	10
8	11	15	3	8	5	4	5	13	3	10
9	11	15	3	8	5	4	5	13	3	11
10	11	15	3	8	4	4	5	13	3	11
11	11	15	1	8	4	4	5	13	3	11
12	11	15	2	8	4	4	5	11	3	10
13	11	15	1	8	4	4	5	13	3	10
14	11	15	3	8	4	4	5	13	3	10
15	11	15	2	8	4	2	5	13	3	10
16	11	14	1	7	4	2	5	13	3	9
17	11	10	3	7	3	2	5	13	1	10
18	11	16	3	8	4	2	5	13	1	10
19	11	18	3	8	4	2	5	11	1	10

20	11	13	3	8	4	2	5	11	1	10
21	11	15	3	7	4	2	5	15	1	5
22	11	15	3	8	3	3	5	13	1	10
23	11	15	3	8	3	3	5	13	1	10
24	11	15	3	8	3	3	3	13	3	10
25	10	15	3	8	3	3	4	13	3	10
26	11	15	3	8	5	3	4	13	3	10
27	11	15	1	8	4	4	4	13	3	10
28	11	15	1	8	4	4	4	13	3	10
29	11	15	3	8	4	4	4	13	3	10
30	11	15	3	8	4	4	4	13	3	10
31	11	15	3	8	4	4	4	13	3	10
32	11	15	2	8	4	4	4	13	3	10
33	11	15	3	8	4	4	5	13	3	10
34	11	15	3	8	4	4	5	13	1	10
35	11	15	3	8	4	4	5	13	1	10
36	11	15	3	8	4	3	5	13	1	10
37	11	15	3	8	4	4	5	13	1	10
38	11	15	3	8	4	4	5	13	1	10
39	8	15	3	8	4	4	5	13	3	10
40	10	15	3	8	4	3	5	13	3	10
41	10	15	3	8	4	4	5	13	3	10
42	11	15	3	7	4	4	5	13	3	10
43	11	15	3	8	4	4	5	13	3	10
44	11	15	3	8	4	4	5	11	3	10
Total	471	656	119	346	169	149	210	564	108	437
Promedio	10.704545 45	14.909090 91	2.7045454 55	7.8636363 64	3.8409090 91	3.3863636 36	4.7727272 73	12.81818182	2.4545454 55	9.931818182

Moda	11	15	3	8	4	4	5	13	3	10
Mediana	11	15	3	8	4	4	5	13	3	10
Percentil 90	11	15	3	8	4	4	5	13	3	10
Desv. Estand	0.5937482 61	0.9600916 09	0.6675029 99	0.3471417 57	0.7758920 39	0.8131451 74	0.4756213 25	0.84282822	0.9010212 67	0.818328622
Rango	3	8	2	1	3	2	2	4	2	6

*Elaboración propia*



## ANEXO 6. Relaciones de las actividades.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Bodega P	1										
2. Corte P	I	1									
3. Corte II	U	1	X								
4. Soldadura I	2	A	3	X							
5. Soldadura II	U	1	U	2	X						
6. Refuerzos	3	E	2	X	3	X	1				
7. Limpieza	U	1	X	3	X	1	X	2			
8. Bodega Acc	1	A	1	X	3	X	3	I	2		
9. Bordeado	E	1	A	2	X	3	X	3	I	3	
10. Div & Acop	3	A	2	O	2	X	3	X	3	X	
11. Producto F	X	3	O	3	X	2	X	3	X		
	3	X	3	X	3	X	3	X			
	X	2	X	3	X	3	X				
	2	I	2	X	3	X					
	O	2	O	3	X						
	1	I	3	X							
	E	2	X								
	1	O									
	E										

Figura 56. Relación de las actividades,

Elaboración Propia

## ANEXO 7. Hoja de requerimientos de servicio y área.

Tabla 28. Requerimientos de Espacio Estación Corte

<b>Empresa:</b>	<b>DIMALVID</b>				<b>Elaborado por:</b>	<b>Rivadeneira</b>				
<b>Área:</b>	<b>CORTE</b>				<b>Fecha:</b>	<b>31/03/2013</b>				
<b>REQUERIMIENTO DE SERVICIOS</b>										
<b>Estación de Trabajo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Corriente Eléctrica</b>	<b>Aire Comprimido</b>	<b>Otros(Peso)</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Equipo</b>	<b>Material</b>	<b>Personal</b>	<b>Total</b>
Corte Principal	1	380 V, 50/60 Hz, 12A	6 - 8 bar	1070 kg	3800 w	6120 x 1250 x 1550 mm	7,70508	9,06	6,8	23,56508
Corte II	1	381 V, 50/60 Hz, 12A	7 - 8 bar	1071 kg	3801 w	6121 x 1250 x 1550 mm	7,70508	9,06	6,8	23,56508
<b>Área neta requerida</b>										<b>47,13016</b>
<b>Holgura de pasillos</b>										<b>4,713016</b>
<b>Área total requerida.</b>										<b>51,84318</b>

Elaboración Propia

Tabla 29. Requerimientos de Espacio Estación Soldadura

<b>Empresa:</b>	<b>DIMALVID</b>				<b>Elaborado por:</b>			<b>Rivadeneira</b>		
<b>Área:</b>	<b>SOLDADURA</b>				<b>Fecha:</b>			<b>31/03/2013</b>		
<b>REQUERIMIENTO DE SERVICIOS</b>										
<b>Estación de Trabajo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Corriente Eléctrica</b>	<b>Aire Comprimido</b>	<b>Otros (Peso)</b>	<b>Carga para el piso</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Equipo</b>	<b>Material</b>	<b>Personal</b>	<b>Total</b>
Soldadura I	1	380 V, 50/60 Hz	6 - 8 bar	970 kg	2,200 W	4000x740x1600 mm	4	11,7275	8,795	24,5225
Soldadura II	1	381 V, 50/60 Hz	7 - 8 bar	971 kg	2,200 W	4000x740x1600 mm	4	11,7275	8,795	24,5225
Refuerzos	1	230/400V, 50Hz	7 bar	200 kg	3000 W	580 x 900 x 1380 mm	0,765	3,0625	0	3,8275
								<b>Área neta requerida</b>		<b>52,8725</b>
								<b>Holgura de pasillos</b>		<b>2,643625</b>
								<b>Área total requerida.</b>		<b>55,51613</b>

Elaboración Propia

Tabla 30. Requerimientos de Espacio Estación Limpieza

<b>Empresa:</b>	<b>DIMALVID</b>				<b>Elaborado por:</b>	<b>Rivadeneira</b>				
<b>Área:</b>	<b>LIMPIEZA</b>				<b>Fecha:</b>	<b>31/03/2013</b>				
<b>REQUERIMIENTO DE SERVICIOS</b>										
<b>Estación de Trabajo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Corriente Eléctrica</b>	<b>Aire Comprimido</b>	<b>Otros</b>	<b>Carga para el piso</b>	<b>Altura</b>	<b>Equipo</b>	<b>Material</b>	<b>Personal</b>	<b>Total</b>
Mesa de Trabajo Europeo	5	NA					12	2,75	16,25	31
									<b>Área neta requerida</b>	<b>31</b>
									<b>Holgura de pasillos</b>	<b>1,55</b>
									<b>Área total requerida.</b>	<b>32,55</b>

*Elaboración Propia*

Tabla 31. Requerimientos de Espacio Estación Bordeado

<b>Empresa:</b>	<b>DIMALVID</b>				<b>Elaborado por:</b>	<b>Rivadeneira</b>				
<b>Área:</b>	<b>BORDEADO</b>				<b>Fecha:</b>	<b>31/03/2013</b>				
<b>REQUERIMIENTO DE SERVICIOS</b>										
<b>Estación de Trabajo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Corriente Eléctrica</b>	<b>Aire Comprimido</b>	<b>Otros (Peso)</b>	<b>Carga para el piso</b>	<b>Altura</b>	<b>Equipo</b>	<b>Material</b>	<b>Personal</b>	<b>Total</b>
Bordeado	1	380 V, 50/60 Hz, 2,8A	6 - 8 bar	310 kg	1,100 W	1150 x 540 x 1070 mm	1,386	13,898	8,7	23,984
									<b>Área neta requerida</b>	23,984
									<b>Holgura de pasillos</b>	2,3984
									<b>Área total requerida.</b>	<b>26,3824</b>

Elaboración Propia

Tabla 32. Requerimientos de Espacio Estación Divisores & Acoples

<b>Empresa:</b>	<b>DIMALVID</b>					<b>Elaborado por:</b>	<b>Rivadeneira</b>			
<b>Área:</b>	<b>DIVISORES &amp; ACOPLÉS</b>					<b>Fecha:</b>	<b>31/03/2013</b>			
<b>REQUERIMIENTO DE SERVICIOS</b>										
<b>Estación de Trabajo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Corriente Eléctrica</b>	<b>Aire Comprimido</b>	<b>Otros</b>	<b>Carga para el piso</b>	<b>Altura</b>	<b>Equipo</b>	<b>Material</b>	<b>Personal</b>	<b>Total</b>
Divisores & Acoples	1						0,765	12,12	7,7	20,585
								<b>Área neta requerida</b>		<b>20,585</b>
								<b>Holgura de pasillos</b>		<b>2,0585</b>
								<b>Área total requerida.</b>		<b>22,6435</b>

Elaboración Propia

## ANEXO 8. Diagrama de espaguetti.

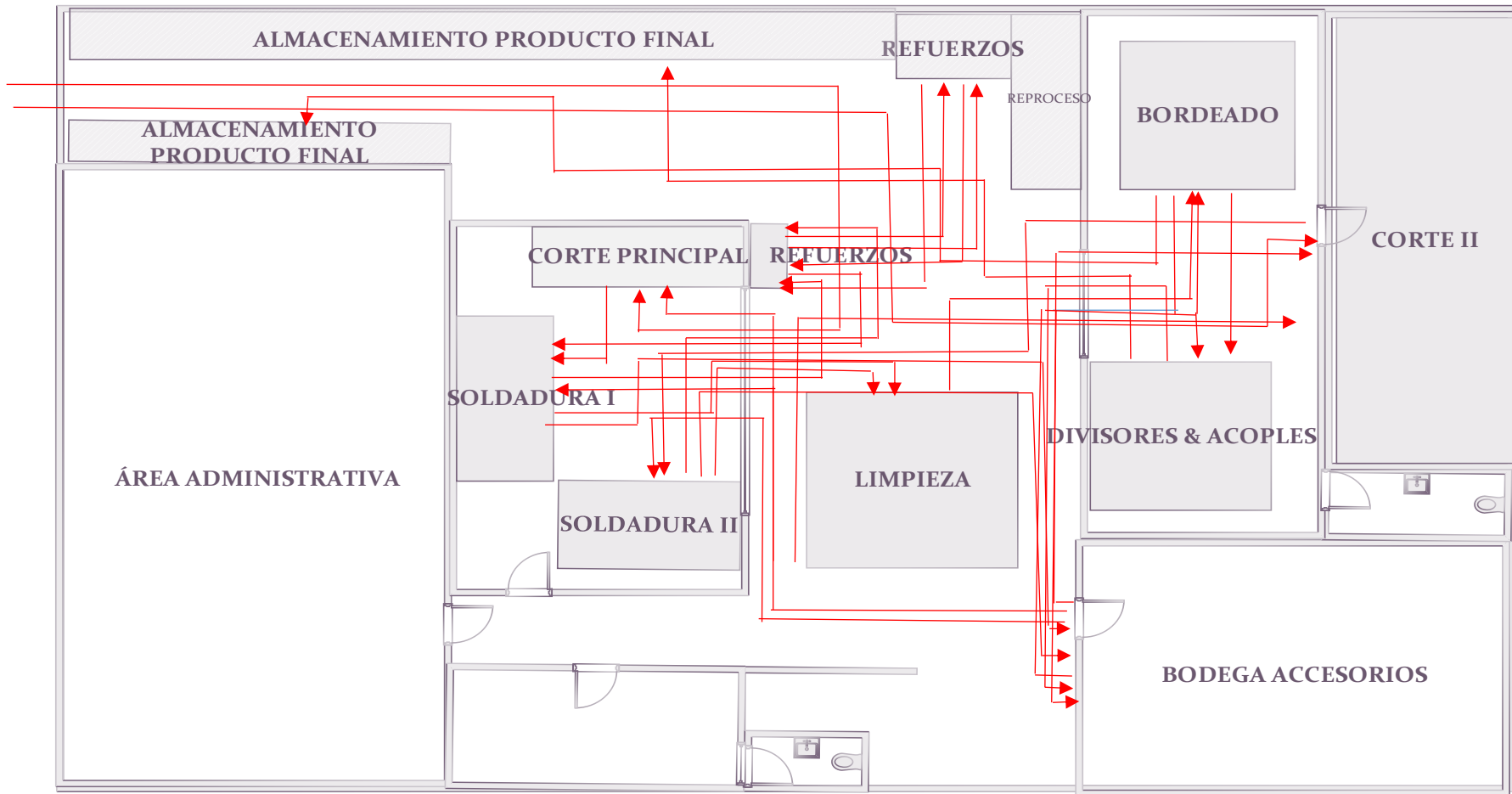


Figura 57. Diagrama de espaguetti

Elaboración Propia

## ANEXO 9. Matriz de Costos.

Tabla 33. Tabla Desde - Hacia Costos.

Hacia Desde	Bodega Principal	Corte Principal	Corte II	Soldadura I	Soldadura II	Refuerzos	Limpieza	Bodega Accesorios	Bordeado	Divisores & Acoples	Almacenamiento Producto Final
<b>Bodega Principal</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Corte Principal</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Corte II</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Soldadura I</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Soldadura II</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Refuerzos</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Limpieza</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Bodega Accesorios</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Bordeado</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Almacenamiento Producto Final</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Elaboración Propia.



## ANEXO 10. Adyacencia de estaciones de trabajo actual

Tabla 34. Tabla Desde - Hacia Adyacencias.

Hacia Desde	Bodega Principal	Corte Principal	Corte II	Soldadura I	Soldadura II	Refuerzos	Limpieza	Bodega Accesorios	Bordeado	Divisores & Acoples	Almacenamiento Producto Final
Bodega Principal		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Corte Principal	0		0	1	1	1	0	0	0	0	0
Corte II	0	0		0	0	0	0	1	1	1	0
Soldadura I	0	1	0		1	0	0	0	0	0	0
Soldadura II	1	1	0	1		0	1	0	0	0	0
Refuerzos	0	1	0	0	0		0	0	0	0	0
Limpieza	0	0	0	0	1	0		1	0	0	0
Bodega Accesorios	0	0	1	0	0	0	1		0	1	0
Bordeado	0	0	1	0	0	0	0	0		1	0
Divisores & Acoples	0	0	1	0	0	0	0	1	1		0
Almacenamiento Producto Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

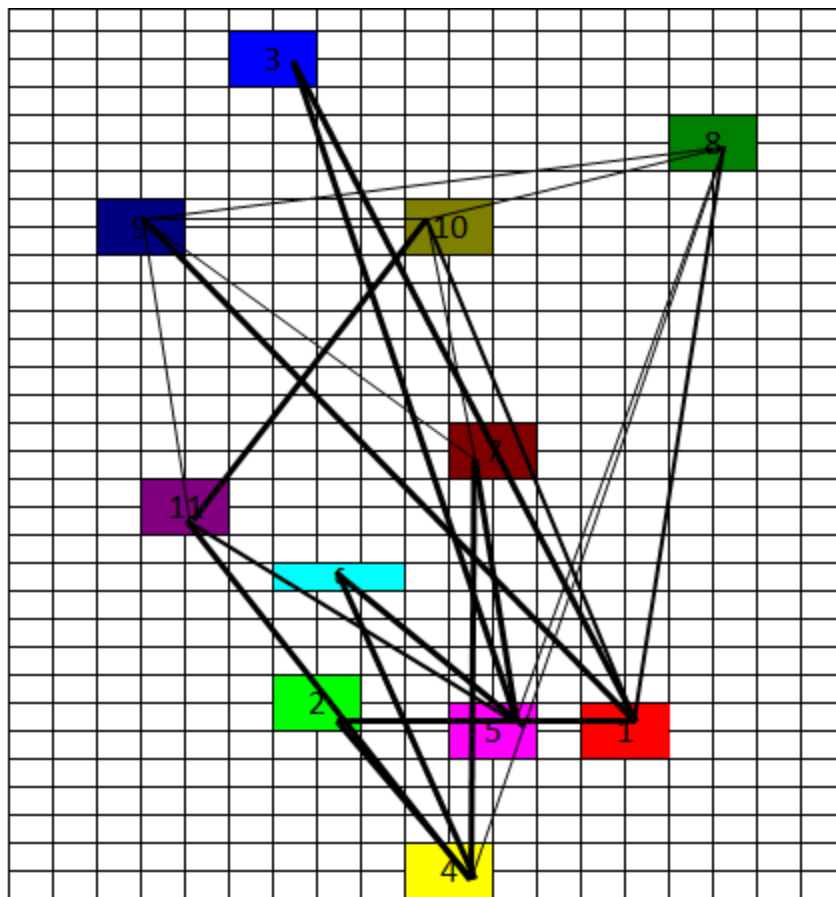
Elaboración Propia.

## ANEXO 11. Diagrama de Relaciones.

Tabla 35. Nomenclatura de las estaciones de trabajo

<i>Estación de Trabajo</i>	<i>Nomenclatura</i>
Bodega Principal	1
Corte Principal	2
Corte II	3
Soldadura I	4
Soldadura II	5
Refuerzos	6
Limpieza	7
Bodega Accesorios	8
Bordeado	9
Divisores & Acoples	10
Almacenamiento Producto Final	11

*Elaboración Propia*



*Figura 58. Diagrama de Relaciones sin considerar el espacio*

*Elaboración Propia*

ANEXO 12. Diagrama de Relaciones de espacio.

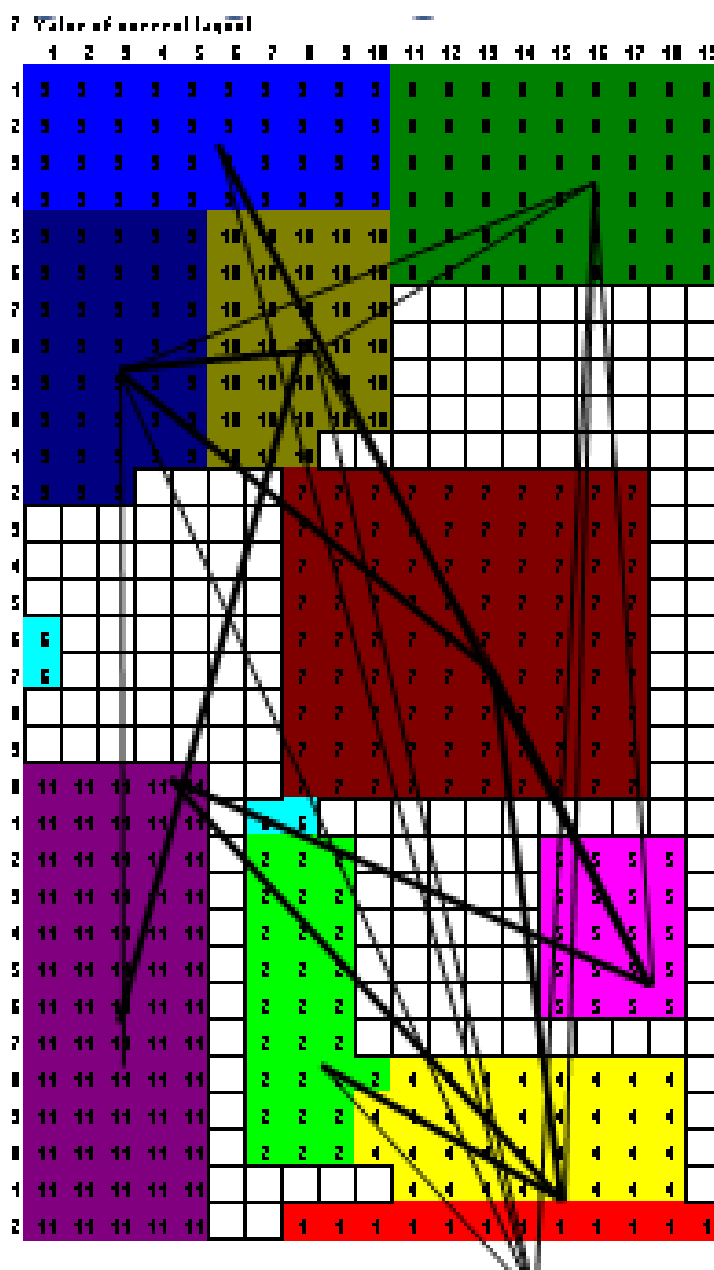


Figura 59. Diagrama de Relaciones considerando el espacio

Elaboración Propia.

ANEXO 13. Propuesta de layout SLP

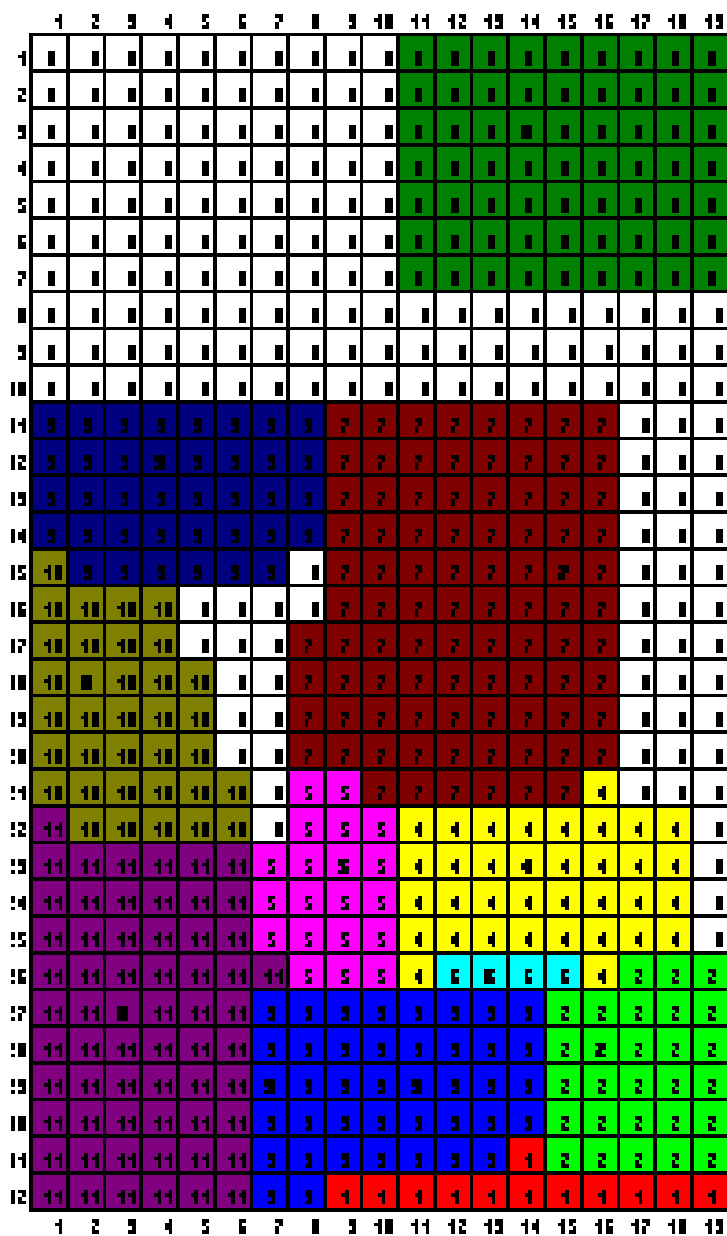


Figura 60. Propuesta de layout SLP

Elaboración Propia.

## ANEXO 14. Distancias y adyacencias entre estaciones de la propuesta SLP

Tabla 36. Distancias Propuestas SLP

Hacia Desde	Bodega Principal	Corte Principal	Corte II	Soldadura I	Soldadura II	Refuerzos	Limpieza	Bodega Accesorios	Bordeado	Divisores & Acoples	Almacenamiento Producto Final
<b>Bodega Principal</b>		6,35	6,55	8,83	13,57	6,42	17,62	28,92	28,52	23,77	15,01
<b>Corte Principal</b>	6,35		7,26	7,73	13,44	6,29	17,49	26,79	28,39	23,64	14,88
<b>Corte II</b>	6,55	7,26		9,74	7,02	6,33	15,13	29,83	21,97	17,22	8,46
<b>Soldadura I</b>	8,83	7,73	9,74		5,96	3,41	9,76	20,09	20,66	15,91	14,79
<b>Soldadura II</b>	13,57	13,44	7,02	5,96		7,15	11,35	26,05	14,96	10,21	8,82
<b>Refuerzos</b>	6,42	6,29	6,33	3,41	7,15		11,20	23,50	22,11	17,36	11,37
<b>Limpieza</b>	17,62	17,49	15,13	9,76	11,35	11,20		14,70	10,91	12,33	20,17
<b>Bodega Accesorios</b>	28,92	26,79	29,83	20,09	26,05	23,50	14,70		19,39	27,03	34,87
<b>Bordeado</b>	28,52	28,39	21,97	20,66	14,96	22,11	10,91	19,39		7,63	15,48
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	23,77	23,64	17,22	15,91	10,21	17,36	12,33	27,03	7,63		8,76
<b>Almacenamiento Producto Final</b>	15,01	14,88	8,46	14,79	8,82	11,37	20,17	34,87	15,48	8,76	

*Elaboración Propia.*

Tabla 37. Adyacencia propuesta SLP

Hacia Desde	Bodega Principal	Corte Principal	Corte II	Soldadura I	Soldadura II	Refuerzos	Limpieza	Bodega Accesorios	Bordeado	Divisores & Acoples	Almacenamiento Producto Final
Bodega Principal		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Corte Principal	1		1	1	0	1	0	0	0	0	0
Corte II	1	1		1	1	1	0	0	0	0	1
Soldadura I	0	1	0		1	1	1	0	0	0	0
Soldadura II	0	0	1	1		0	1	0	0	0	1
Refuerzos	0	1	1	1	0		0	0	0	0	0
Limpieza	0	0	0	1	1	0		0	1	0	0
Bodega Accesorios	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
Bordeado	0	0	0	0	0	0	1	0		1	0
Divisores & Acoples	0	0	0	0	0	0	0	0	1		1
Almacenamiento Producto Final	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	

Elaboración Propia.

## ANEXO 15. Iteraciones método CRAFT

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
5	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
6	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
7	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
14	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
15	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
16	6	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
17	6	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
18	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
19	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
20	11	11	11	11	11	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0
21	11	11	11	11	11	0	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	11	11	11	11	11	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0
23	11	11	11	11	11	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0
24	11	11	11	11	11	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0
25	11	11	11	11	11	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0
26	11	11	11	11	11	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0
27	11	11	11	11	11	0	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	0	0	0	0
28	11	11	11	11	11	0	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
29	11	11	11	11	11	0	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
30	11	11	11	11	11	0	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
31	11	11	11	11	11	0	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
32	11	11	11	11	11	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figura 61. Iteración uno método CRAFT

Fuente: (Jense, 2004)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
5	10	10	10	10	10	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
6	10	10	10	10	10	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
7	10	10	10	10	10	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	10	10	10	10	10	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	10	10	10	10	10	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	10	10	10	10	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	10	10	10	10	10	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	10	10	10	10	10	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
14	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
15	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
16	6	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
17	6	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
18	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
19	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
20	11	11	11	11	11	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
21	11	11	11	11	11	0	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	11	11	11	11	11	0	4	4	4	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0
23	11	11	11	11	11	0	4	4	4	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0
24	11	11	11	11	11	0	4	4	4	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0
25	11	11	11	11	11	0	4	4	4	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0
26	11	11	11	11	11	0	4	4	4	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0
27	11	11	11	11	11	0	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	0	0	0
28	11	11	11	11	11	0	4	4	4	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
29	11	11	11	11	11	0	4	4	4	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
30	11	11	11	11	11	0	4	4	4	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
31	11	11	11	11	11	0	4	4	4	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
32	11	11	11	11	11	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figura 62. Iteración dos método CRAFT

Fuente: (Jense, 2004)

ANEXO 16. Propuesta de layout CRAFT

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
5	10	10	10	10	10	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
6	10	10	10	10	10	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
7	10	10	10	10	10	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	10	10	10	10	10	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	10	10	10	10	10	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	10	10	10	10	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	10	10	10	10	10	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	10	10	10	10	10	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
14	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
15	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
16	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
17	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
18	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
19	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
20	11	11	11	11	11	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
21	11	11	11	11	11	0	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	11	11	11	11	11	0	4	4	4	4	0	0	0	0	0	5	5	5	5
23	11	11	11	11	11	0	4	4	4	4	0	0	0	0	0	5	5	5	5
24	11	11	11	11	11	0	4	4	4	4	0	0	0	0	0	5	5	5	5
25	11	11	11	11	11	0	4	4	4	4	0	0	0	0	0	5	5	5	5
26	11	11	11	11	11	0	4	4	4	4	0	0	0	0	0	5	5	5	5
27	11	11	11	11	11	0	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	0	0	0
28	11	11	11	11	11	0	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	0	0	0
29	11	11	11	11	11	0	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	0	0	0
30	11	11	11	11	11	0	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	0	0	0
31	11	11	11	11	11	0	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	0	0	0
32	11	11	11	11	11	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figura 63. Propuesta CRAFT.

Fuente: (Jense, 2004)

## ANEXO 17. Distancias y adyacencias entre estaciones de la propuesta CRAFT

Tabla 38. Distancias Propuestas CRAFT

Hacia Desde	Bodega Principal	Corte Principal	Corte II	Soldadura I	Soldadura II	Refuerzos	Limpieza	Bodega Accesorios	Bordeado	Divisores & Acoples	Almacenamiento Producto Final
<b>Bodega Principal</b>		3.07	37.50	10.06	11.00	16.00	17.00	30.00	30.79	33.77	16.50
<b>Corte Principal</b>	3.07		36.21	8.77	7.93	14.71	15.71	26.93	29.50	32.49	15.21
<b>Corte II</b>	37.50	36.21		27.44	32.50	21.50	20.50	10.50	6.71	8.91	26.00
<b>Soldadura I</b>	10.06	8.77	27.44		9.88	5.94	13.88	28.88	20.73	23.71	6.44
<b>Soldadura II</b>	11.00	7.93	32.50	9.88		11.00	12.00	22.00	25.79	28.77	15.50
<b>Refuerzos</b>	16.00	14.71	21.50	5.94	11.00		9.00	24.00	14.79	17.77	10.50
<b>Limpieza</b>	17.00	15.71	20.50	13.88	12.00	9.00		15.00	13.79	16.77	19.50
<b>Bodega Accesorios</b>	30.00	26.93	10.50	28.88	22.00	24.00	15.00		11.68	17.41	34.50
<b>Bordeado</b>	30.79	29.50	6.71	20.73	25.79	14.79	13.79	11.68		5.72	22.82
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	33.77	32.49	8.91	23.71	28.77	17.77	16.77	17.41	5.72		17.27
<b>Almacenamiento Producto Final</b>	16.50	15.21	26.00	6.44	15.50	10.50	19.50	34.50	22.82	17.27	

*Elaboración Propia.*

Tabla 39. Adyacencia propuesta CRAFT

Hacia Desde	Bodega Principal	Corte Principal	Corte II	Soldadura I	Soldadura II	Refuerzos	Limpieza	Bodega Accesorios	Bordeado	Divisores & Acoples	Almacenamiento Producto Final
Bodega Principal		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corte Principal	1		0	1	0	0	0	0	0	0	0
Corte II	0	0		0	0	0	0	1	1	1	0
Soldadura I	0	1	0		0	1	0	0	0	0	0
Soldadura II	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
Refuerzos	0	0	0	1	0		1	0	1	0	0
Limpieza	0	0	0	0	0	1		0	1	0	0
Bodega Accesorios	0	0	1	0	0	0	0		1	1	0
Bordeado	0	0	1	0	0	1	1	1		1	0
Divisores & Acoples	0	0	1	0	0	0	0	1	1		0
Almacenamiento Producto Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Elaboración Propia.

## ANEXO 18 Distancias y adyacencias entre estaciones de la propuesta BLOCPLAN

Tabla 40. Distancias Propuestas BLOCPLAN

Hacia	Bodega Principal	Corte Principal	Corte II	Soldadura I	Soldadura II	Refuerzos	Limpieza	Bodega Accesorios	Bordeado	Divisores & Acoples	Almacenamiento Producto Final
Desde											
<b>Bodega Principal</b>		11.00	3.50	7.00	10.50	12.00	17.00	34.00	34.50	26.50	16.50
<b>Corte Principal</b>	11.00		9.50	7.00	10.50	12.00	15.00	26.00	23.50	15.50	5.50
<b>Corte II</b>	3.50	9.50		4.50	7.00	8.50	15.50	32.50	33.00	25.00	15.00
<b>Soldadura I</b>	7.00	7.00	4.50		3.50	5.00	11.00	28.00	28.50	20.50	11.50
<b>Soldadura II</b>	10.50	10.50	7.00	3.50		7.50	8.50	25.50	26.00	18.00	15.00
<b>Refuerzos</b>	12.00	12.00	8.50	5.00	7.50		16.00	33.00	33.50	25.50	16.50
<b>Limpieza</b>	17.00	15.00	15.50	11.00	8.50	16.00		17.00	17.50	9.50	19.50
<b>Bodega Accesorios</b>	34.00	26.00	32.50	28.00	25.50	33.00	17.00		12.50	20.50	30.50
<b>Bordeado</b>	34.50	23.50	33.00	28.50	26.00	33.50	17.50	12.50		8.00	18.00
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	26.50	15.50	25.00	20.50	18.00	25.50	9.50	20.50	8.00		10.00
<b>Almacenamiento Producto Final</b>	16.50	5.50	15.00	11.50	15.00	16.50	19.50	30.50	18.00	10.00	

Elaboración Propia.

Tabla 41. Adyacencia propuesta BLOCPLAN

Hacia	Bodega Principal	Corte Principal	Corte II	Soldadura I	Soldadura II	Refuerzos	Limpieza	Bodega Accesorios	Bordeado	Divisores & Acoples	Almacenamiento Producto Final
Desde											
Bodega Principal		1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Corte Principal	1		1	1	1	0	1	0	0	0	1
Corte II	1	1		1	0	1	0	0	0	0	0
Soldadura I	0	1	1		1	1	0	0	0	0	0
Soldadura II	0	1	0	1		1	1	0	0	0	0
Refuerzos	0	0	1	1	1		0	0	0	0	0
Limpieza	0	1	0	0	1	0		1	1	1	1
Bodega Accesorios	0	0	0	0	0	0	0		1	0	0
Bordeado	0	0	0	0	0	0	0	1		1	0
Divisores & Acoples	0	0	0	0	0	0	0	0	1		1
Almacenamiento Producto Final	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	

Elaboración Propia.

## ANEXO 19. Disposición del Método Múltiple

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
17	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
18	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
19	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
20	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
21	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
22	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
23	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
24	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
25	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
26	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
27	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
28	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
29	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
30	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
31	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
32	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							

Fuente: (Jense, 2004)

## ANEXO 20. Formato de hoja de observaciones: Recolección de datos.

Tabla 42. Formato para recolección de datos.

Estación	Tiempo Estándar	Desviación Estándar	Tamaño de Muestra	
			Fórmula	Tabla
<b>Corte Principal</b>	= PROMEDIO(	=DESVEST(		
<b>Corte II</b>				
<b>Soldadura I</b>				
<b>Soldadura II</b>				
<b>Limpieza</b>				
<b>Bordeado</b>				
<b>Divisores &amp; Acoples</b>				

*Elaboración Propia.*



## ANEXO 21. Toma de tiempos de cada estación.

Tabla 43. Toma de tiempos de cada estación.

Observación	Corte Principal	Corte II	Soldadura I	Soldadura II	Limpieza	Bordeado	Divisores & Acoples
1	150	674	2095	2887	520	967	3649
2	159	650	1985	2654	558	819	3110
3	158	610	1852	2514	608	1148	3914
4	141	675	2258	2256	660	821	3235
5	165	599	2369	2987	560	893	3989
6	171	580	2014	2971	671	1131	2852
7	178	538	1874	3180	593	956	2947
8	151	659	1848	3350	618	884	3589
9	147	689	2365	2801	521	952	3117
10	161	589	2243	2987	558	1037	3985
11	180	533	2546	3698	608	993	3565
12	199	593	2132	3197	660	1179	3961
13	200	617	2318	2854	667	1107	4010
14	201		2055	2784	500	1097	3851
15	210		1741	2996	593	838	4201
16	148		2195	1971	618	919	3601
17	157		2096	2180	545	998	3897
18	159		1870	3341		721	4845
19	144		2015	2980		1093	3714
20	152		2365	3087		1031	3134
21	136		1748	2963		1056	3871
22	188		1688	3185		984	2752
23	148			2987		1200	2841
24	215			3184		997	3598

<b>25</b>	220			3001		1007	3217
<b>26</b>	223					979	3895
<b>27</b>	201					1099	3665
<b>28</b>	197					1201	3967
<b>29</b>	171					939	3999
<b>30</b>	164						3801
<b>31</b>	187						4101
<b>32</b>	205						3778

*Elaboración Propia*

## ANEXO 22. Cálculo de tiempos de recorrido entre estaciones de trabajo.

Tabla 44. Tiempos de recorrido entre cada estación de trabajo.

Hacia Desde	Bodega Principal	Corte Principal	Corte II	Soldadura I	Soldadura II	Refuerzos	Limpieza	Bodega Accesorios	Bordeado	Divisores & Acoples	Almacenamiento Producto Final
<b>Bodega Principal</b>	0	96,8	112,72	95,864	94,2	103,904	99,504	106,432	110,936	111,768	112,832
<b>Corte Principal</b>	96,8	0	26	5,2	4,8	16,664	11,064	19,064	23,064	18,664	16,664
<b>Corte II</b>	112,72	26	0	22,4	24	28,4	18	21,2	7,6	10,4	28,4
<b>Soldadura I</b>	95,864	5,2	22,4	0	4,8	18,4	13,6	20,8	24,8	20,4	19,2
<b>Soldadura II</b>	94,2	4,8	24	4,8	0	14,4	8,8	13,6	20,8	16,4	14,4
<b>Refuerzos</b>	103,904	16,664	28,4	18,4	14,4	0	15,2	5,6	6,4	2	8,8
<b>Limpieza</b>	99,504	11,064	18	13,6	8,8	15,2	0	14,4	16,8	12,4	15,2
<b>Bodega Accesorios</b>	106,432	19,064	21,2	20,8	13,6	5,6	14,4	0	16	11,6	23,2
<b>Bordeado</b>	110,936	23,064	7,6	24,8	20,8	6,4	16,8	16	0	6,8	24
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	111,768	18,664	10,4	20,4	16,4	2	12,4	11,6	6,8	0	19,6
<b>Almacenamiento Producto Final</b>	112,832	16,664	28,4	19,2	14,4	8,8	15,2	23,2	24	19,6	0

Elaboración Propia.

## ANEXO 23. Cálculo de tiempos estándar de cada estación.

Observación	Corte Principal	Corte II	Soldadura I	Soldadura II	Limpieza	Bordeado	Divisores & Acoples
1	165,3	711,4744	2363,16	3117,96	478,4	855,795	3415,464
2	175,218	686,14	2239,08	2866,32	513,36	724,815	2910,96
3	174,116	643,916	2089,056	2715,12	559,36	1015,98	3663,504
4	155,382	712,53	2547,024	2436,48	607,2	726,585	3027,96
5	181,83	632,3044	2672,232	3225,96	515,2	790,305	3733,704
6	188,442	612,248	2271,792	3208,68	617,32	1000,935	2669,472
7	196,156	567,9128	2113,872	3434,4	545,56	846,06	2758,392
8	166,402	695,6404	2084,544	3618	568,56	782,34	3359,304
9	161,994	727,3084	2667,72	3025,08	479,32	842,52	2917,512
10	177,422	621,7484	2530,104	3225,96	513,36	917,745	3729,96
11	198,36	562,6348	2871,888	3993,84	559,36	878,805	3336,84
12	219,298	625,9708	2404,896	3452,76	607,2	1043,415	3707,496
13	220,4	651,3052	2614,704	3082,32	613,64	979,695	3753,36
14	221,502		2318,04	3006,72	460	970,845	3604,536
15	231,42		1963,848	3235,68	545,56	741,63	3932,136
16	163,096		2475,96	2128,68	568,56	813,315	3370,536
17	173,014		2364,288	2354,4	501,4	883,23	3647,592
18	175,218		2109,36	3608,28		638,085	4534,92
19	158,688		2272,92	3218,4		967,305	3476,304
20	167,504		2667,72	3333,96		912,435	2933,424
21	149,872		1971,744	3200,04		934,56	3623,256
22	207,176		1904,064	3439,8		870,84	2575,872
23	163,096			3225,96		1062	2659,176

<b>24</b>	236,93			3438,72		882,345	3367,728
<b>25</b>	242,44			3241,08		891,195	3011,112
<b>26</b>	245,746					866,415	3645,72
<b>27</b>	221,502					972,615	3430,44
<b>28</b>	217,094					1062,885	3713,112
<b>29</b>	188,442					831,015	3743,064
<b>30</b>	180,728						3557,736
<b>31</b>	206,074						3838,536
<b>32</b>	225,91						3536,208
<b>33</b>							3702,816
<b>34</b>							4543,344

*Elaboración propia.*

## ANEXO 24. Pruebas de Independencia de los datos.

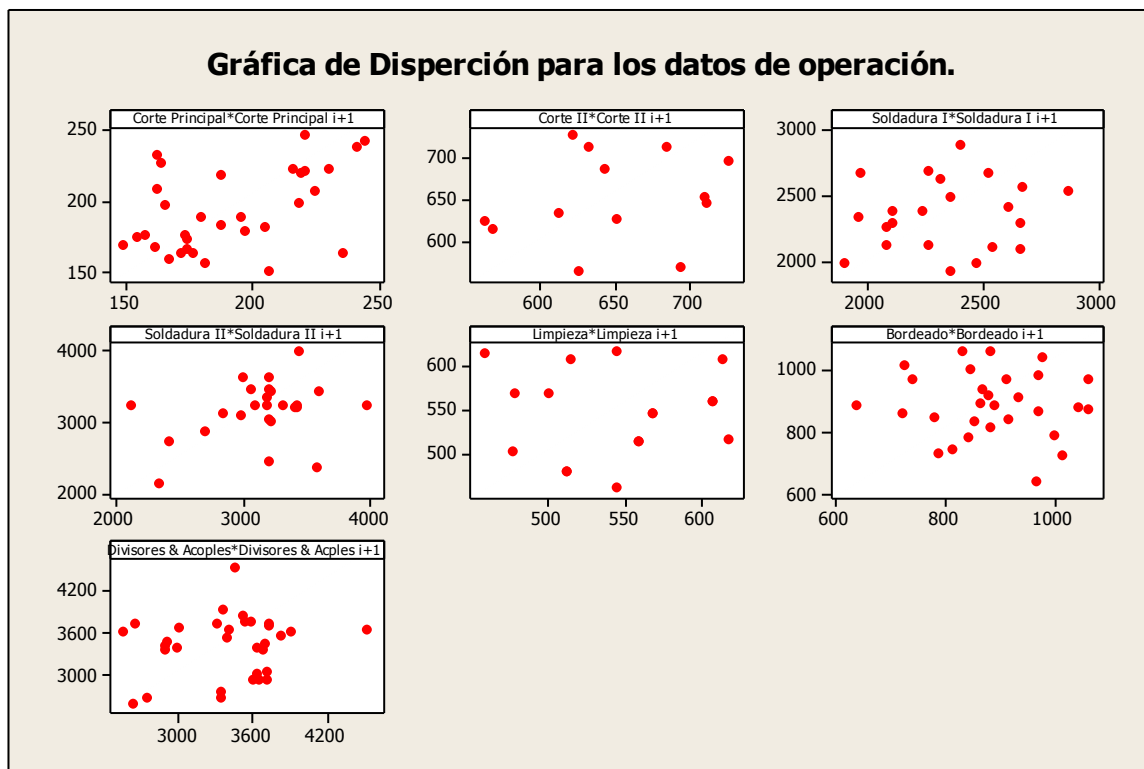


Figura 64. Gráficas de Dispersión para los datos de entrada de cada estación.

*Elaboración Propia en el programa MINITAB 15.*

Según las gráficas de dispersión que se muestran se puede observar que no existe ningún patrón, ni tendencia evidente por lo que se puede concluir que los datos son independientes. Sin embargo se confirma estos resultados con el análisis de correlación de Pearson que se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 45. Correlación de Pearson

Estación	Correlación de Pearson	Valor P
<b>Corte Principal</b>	0,486	0,005
<b>Corte II</b>	0,188	0,539
<b>Soldadura I</b>	0,129	0,567
<b>Soldadura II</b>	0,312	0,128
<b>Limpieza</b>	-0,004	0,987
<b>Bordeado</b>	-0,078	0,689
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	0,149	0,416

*Elaboración Propia a través del programa Minitab 15.*

Como se puede observar el valor de Pearson se aproxima a cero, lo que evidencia que los datos no tienen una relación lineal. Así mismo, se confirma el valor de P mayor al nivel de significancia escogido 0.05, el cual no rechaza la hipótesis de que los datos son independientes. Si se observa el valor de P para la estación de Corte Principal es menor al nivel de significancia, y el valor de Pearson se encuentra en un punto medio por el cual no se puede validar si es independiente o no. Para determinar si este valor de correlación es significativo para el estudio, se ha investigado papers que analicen este valor detalladamente. Según un estudio realizado en la Universidad de Salamanca por Javier Sánchez, menciona que en general lo valores absolutos del coeficiente de Pearson ( $r$ ), mayores 0.8 se consideran con una relación lineal (Sánchez San Román). Es importante mencionar que los datos para la simulación deben ser independientes para considerarse válidos para el estudio, por lo que se realiza un test de hipótesis de  $r$  para determinar si

dicho coeficiente es estadísticamente diferente de cero, por lo que se aplica un test basado en la distribución de la t de student, como se muestra a continuación:

$$\text{Error estandar de } r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}$$

*Fuente:* (Fernández S. & Díaz S., 2007)

Si el valor del r calculado para el set de datos de Corte Principal, supera el valor del error estándar multiplicado por la t de Student con n-2 grados de libertad, se concluye que es significativo (Fernández S. & Díaz S., 2007)

El nivel de significación esta dado por la decisión que adoptemos al buscar el valor en la tabla de la t student, por lo que dado la importancia de este valor se asigna un nivel de confianza del 99.9% (Fernández S. & Díaz S., 2007). Según la tabla para el número de grados de libertad de 30, el valor es de 3.646.

$$\text{Error estandar de } r = \sqrt{\frac{1 - 0.486^2}{30 - 2}} = 0.1595$$

*Fuente:* (Fernández S. & Díaz S., 2007)

Por lo tanto se tiene,  $3.646 \times 0.1595 = 0.5815 > r$ . Con este valor se puede concluir que el r obtenido para este set de datos no es significativo  $p = 0.005 > 0.001$ . Dado este análisis de la literatura, se va a concluir que el set de datos es independiente.



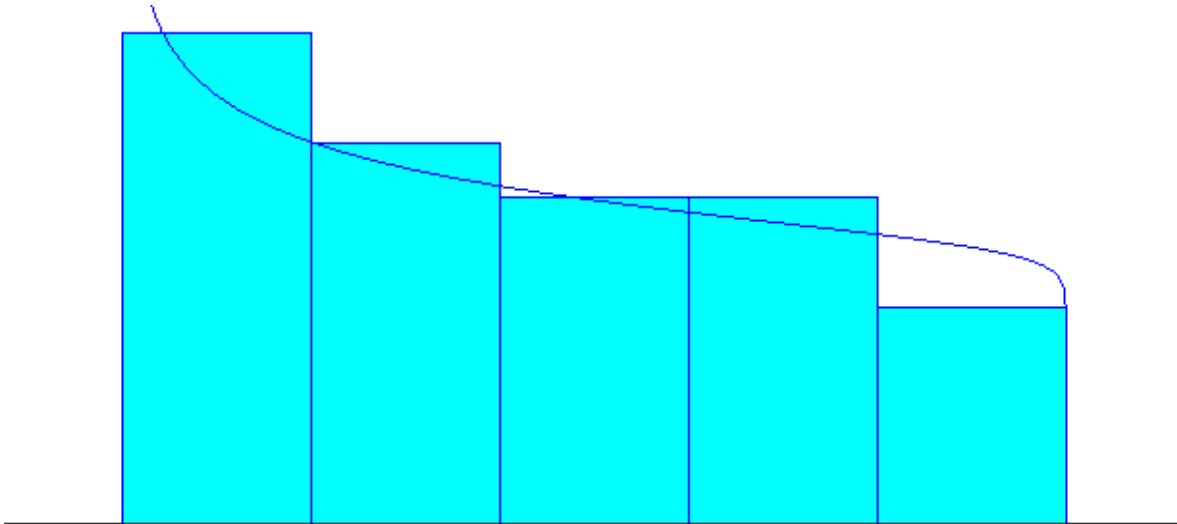
## ANEXO 25. Prueba de Aleatoriedad de los datos.

Tabla 46. Resultado de las pruebas de corrida.

<b>Estación</b>	<b>Corridas (Valor P)</b>
<b>Corte Principal</b>	0,14
<b>Corte II</b>	0,788
<b>Soldadura I</b>	0,382
<b>Soldadura II</b>	0,064
<b>Limpieza</b>	0,903
<b>Bordeado</b>	0,527
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	0,592

*Elaboración Propia en el programa Minitab 15.*

## ANEXO 26. Distribuciones obtenidas a través del Input Analyzer.

**Corte Principal**

## Distribution Summary

Distribution: Beta

Expression:  $149 + 97 * \text{BETA}(0.841, 1.04)$ 

Square Error: 0.001675

## Chi Square Test

Number of intervals = 5

Degrees of freedom = 2

Test Statistic = 0.308

Corresponding p-value  $> 0.75$

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0936

Corresponding p-value  $> 0.15$

#### Data Summary

Number of Data Points = 32

Min Data Value = 150

Max Data Value = 246

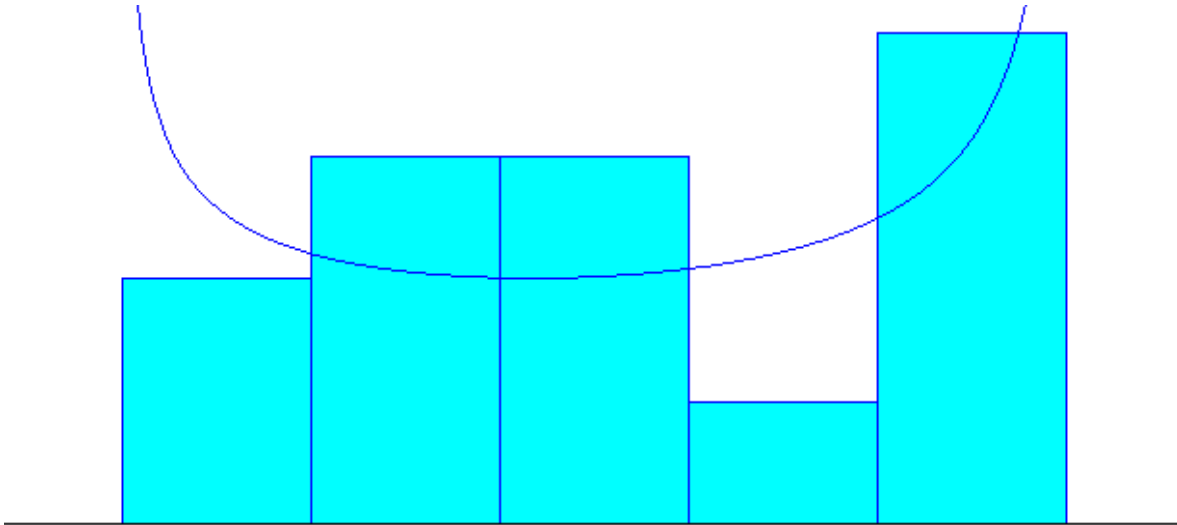
Sample Mean = 192

Sample Std Dev = 28.4

#### Histogram Summary

Histogram Range = 149 to 246

Number of Intervals = 5

**Corte II**

## Distribution Summary

Distribution: Beta

Expression:  $562 + 166 * \text{BETA}(0.708, 0.619)$ 

Square Error: 0.027367

## Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.158

Corresponding p-value  $> 0.15$

### Data Summary

Number of Data Points = 13

Min Data Value = 563

Max Data Value = 727

Sample Mean = 651

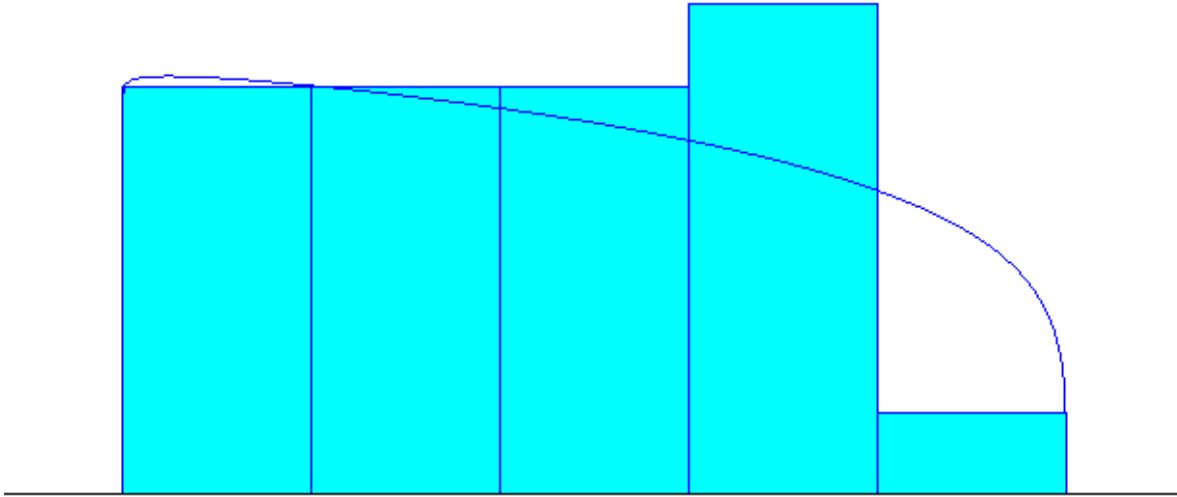
Sample Std Dev = 54.3

### Histogram Summary

Histogram Range = 562 to 728

Number of Intervals = 5

### **Soldadura I**



### Distribution Summary

Distribution: Beta

Expression:  $1.9e+003 + 968 * \text{BETA}(1.01, 1.23)$

Square Error: 0.016799

### Chi Square Test

Number of intervals = 3

Degrees of freedom = 0

Test Statistic = 0.037

Corresponding p-value < 0.005

### Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.116

Corresponding p-value > 0.15

### Data Summary

Number of Data Points = 22

Min Data Value = 1.9e+003

Max Data Value = 2.87e+003

Sample Mean = 2.34e+003

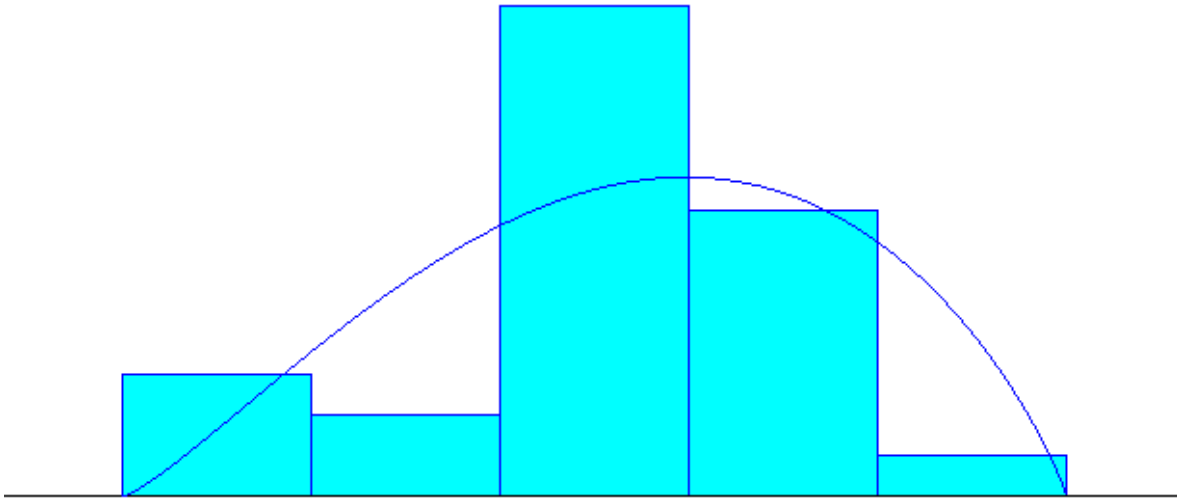
Sample Std Dev = 268

### Histogram Summary

Histogram Range = 1.9e+003 to 2.87e+003

Number of Intervals = 5

### **Soldadura II**



### Distribution Summary

Distribution: Beta

Expression:  $2.13e+003 + 1.87e+003 * \text{BETA}(2.25, 1.85)$

Square Error: 0.065053

### Chi Square Test

Number of intervals = 3

Degrees of freedom = 0

Test Statistic = 4.19

Corresponding p-value < 0.005



### Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.175

Corresponding p-value > 0.15

### Data Summary

Number of Data Points = 25

Min Data Value = 2.13e+003

Max Data Value = 3.99e+003

Sample Mean = 3.15e+003

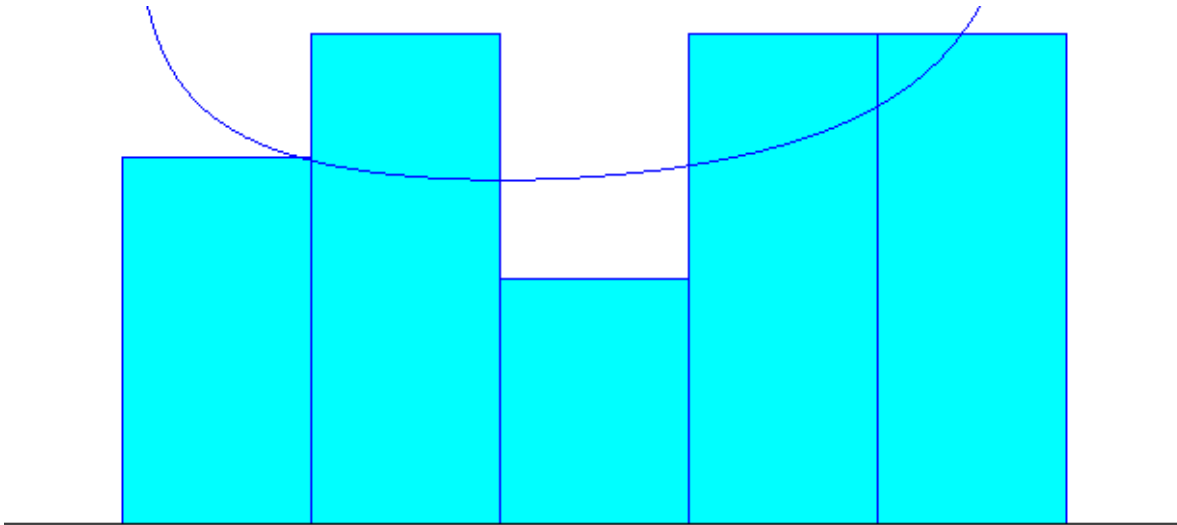
Sample Std Dev = 411

### Histogram Summary

Histogram Range = 2.13e+003 to 3.99e+003

Number of Intervals = 5

### **Limpieza**



### Distribution Summary

Distribution: Beta

Expression:  $460 + 158 * \text{BETA}(0.794, 0.694)$

Square Error: 0.015042

### Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.123

Corresponding p-value  $> 0.15$

### Data Summary

Number of Data Points = 17

Min Data Value = 460

Max Data Value = 617

Sample Mean = 544

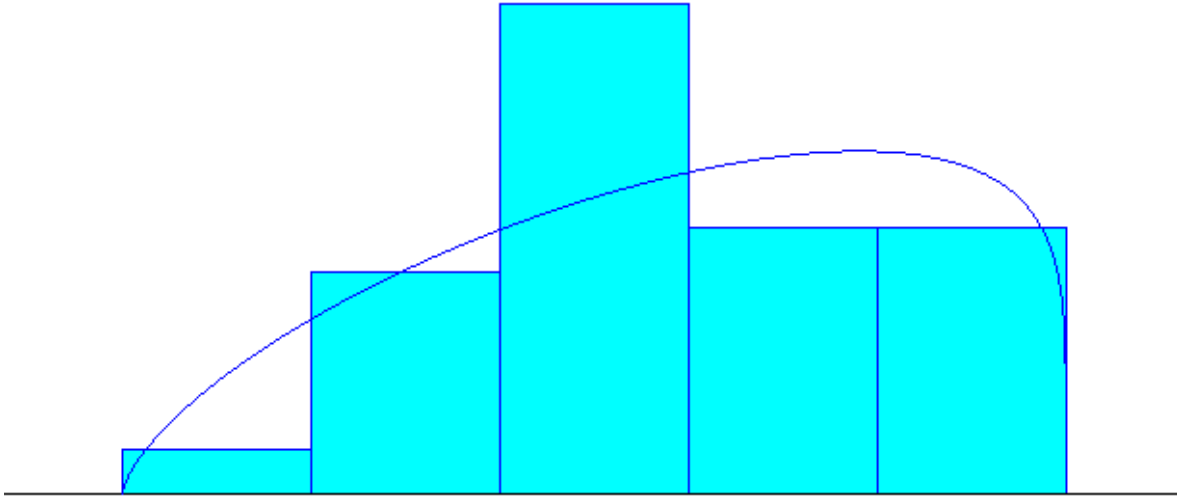
Sample Std Dev = 50

#### Histogram Summary

Histogram Range = 460 to 618

Number of Intervals = 5

#### **Bordeado**



### Distribution Summary

Distribution: Beta

Expression:  $638 + 425 * \text{BETA}(1.67, 1.19)$

Square Error: 0.028808

### Chi Square Test

Number of intervals = 4

Degrees of freedom = 1

Test Statistic = 3.57

Corresponding p-value = 0.062

### Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.106

Corresponding p-value > 0.15

### Data Summary

Number of Data Points = 29

Min Data Value = 638

Max Data Value = 1.06e+003

Sample Mean = 886

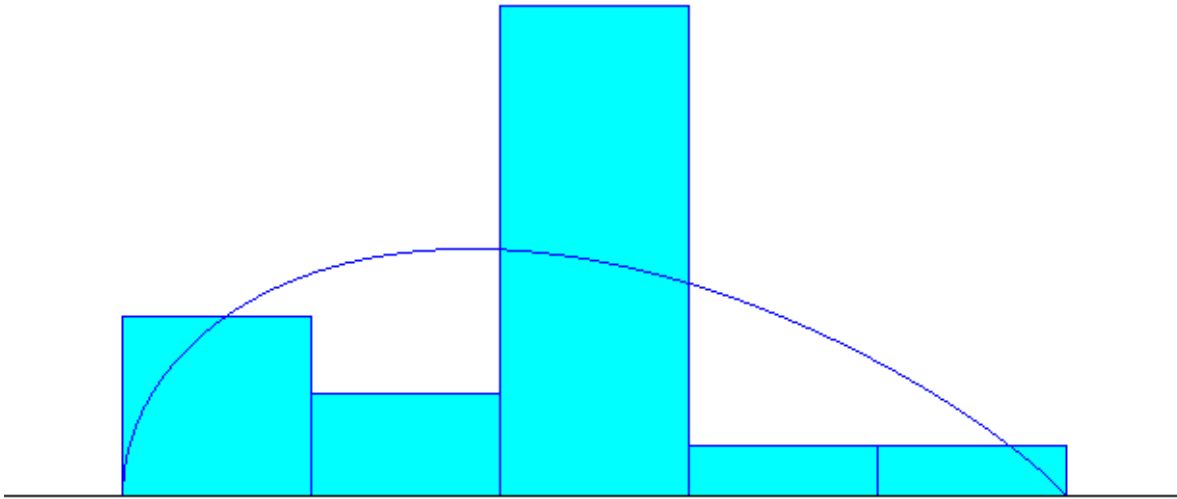
Sample Std Dev = 107

### Histogram Summary

Histogram Range = 638 to 1.06e+003

Number of Intervals = 5

### **Divisores & Acoples**



### Distribution Summary

Distribution: Beta

Expression:  $2.58e+003 + 1.97e+003 * \text{BETA}(1.51, 1.87)$

Square Error: 0.131809

### Chi Square Test

Number of intervals = 4

Degrees of freedom = 1

Test Statistic = 20.9

Corresponding p-value < 0.005

### Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.175

Corresponding p-value > 0.15

### Data Summary

Number of Data Points = 34

Min Data Value = 2.58e+003

Max Data Value = 4.54e+003

Sample Mean = 3.45e+003

Sample Std Dev = 468

### Histogram Summary

Histogram Range = 2.58e+003 to 4.54e+003

Number of Intervals = 5

## ANEXO 27. Diseño del modelo para la simulación del área de producción de DIMALVID.

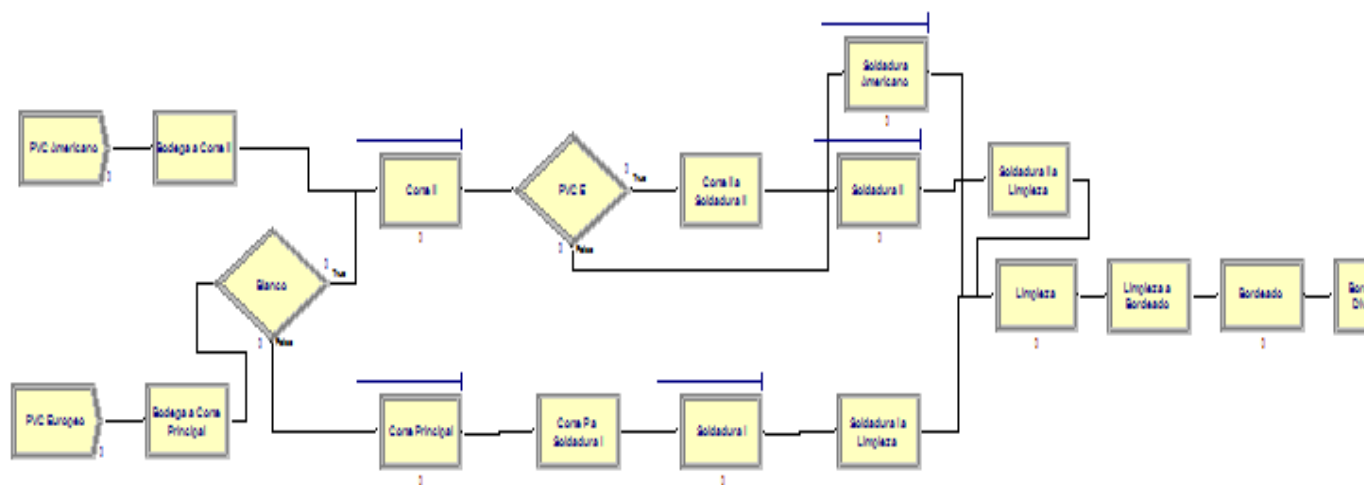


Figura 65. Modelo para la simulación

Fuente: Arena Software.



## ANEXO 28. Pruebas de aleatoriedad e independencia para las entidades de entrada.

De la misma forma que las secciones anteriores, se obtiene a través de programa de Minitab 15 el valor de correlación de Pearson y se lo analiza con su valor P. Para el caso de ordenes de trabajo de tipo europeo, lo datos son independientes con un valor de  $p=0.263$  y las ordenes de trabajo de tipo americano son independientes con un valor de  $p = 0.735$ . A continuación, se muestra el diagrama de dispersión para estos set de datos.

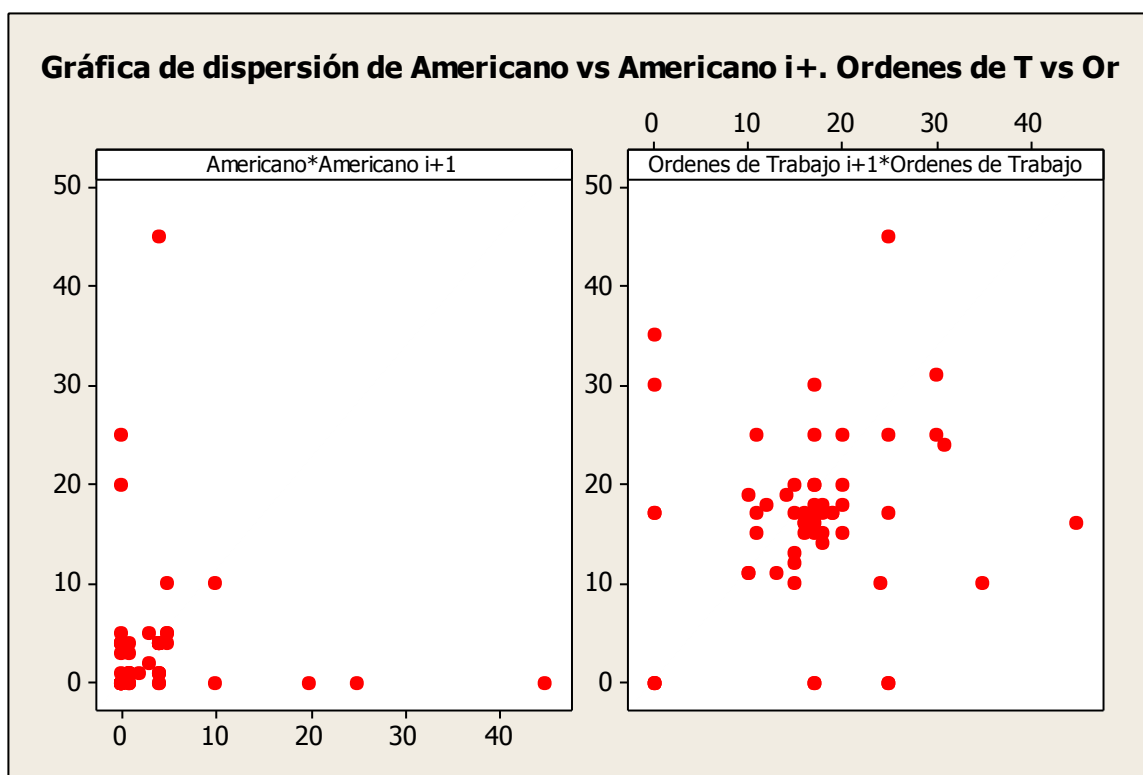


Figura 66. Gráfica de dispersión para los datos de entrada

Fuente: Programa Minitab 15.

Se realizan pruebas de corridas para analizar la aleatoriedad, y el valor de p para americano es de 0.087 y de europeo de 0.301. Por lo que se concluye que estos set de datos son independientes y aleatorios.

Con los datos válidos, se los ingreso al Input Analyzer para determinar la distribución que tenia cada uno. Para el número de entidades europeo los datos siguen una distribución POIS(16.8), y el número de entidades americano sigue una distribución POIS(3.47). Ambas distribuciones tienen un valor de  $p > 0.15$  en las pruebas de bondad y ajuste. Por lo tanto se consideran válidos estos datos para su uso dentro de la simulación.

ANEXO 29. Datos y suposiciones para el análisis de los datos de la medida de desempeño para el modelo actual y el modelo simulado.

El inicio de este análisis se lo realiza comprobando aleatoriedad e independencia de los datos. A continuación se presenta una tabla con los resultados obtenidos con el programa Minitab 15 de las entidades salientes del sistema.

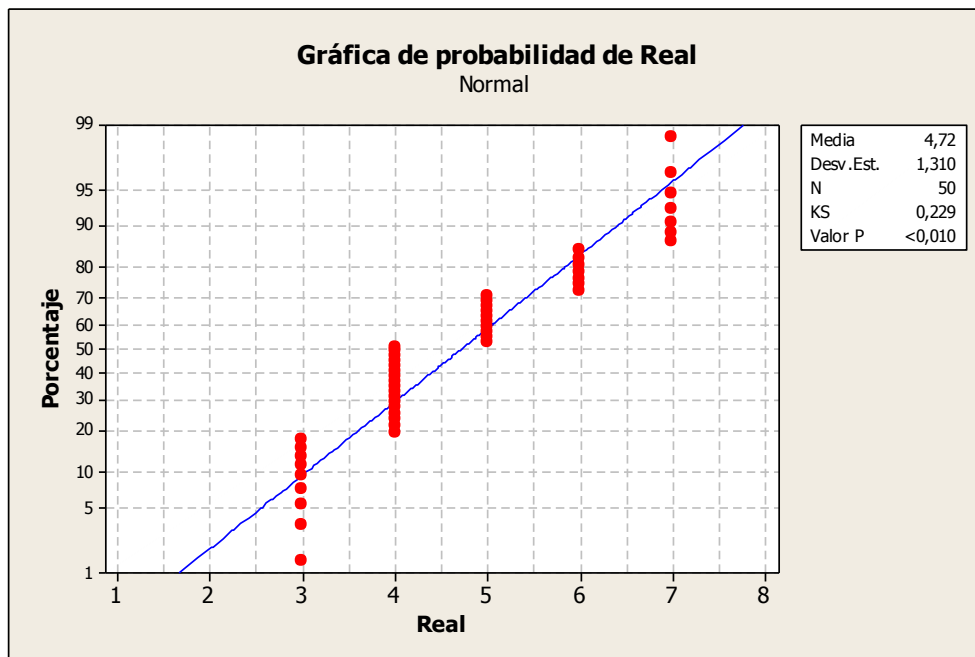
Tabla 47. Pruebas de Independencia y Aleatoriedad para entidades salientes del sistema.

Número de Entidades Salientes	Independencia		Aleatoriedad
	Valor P	Coficiente de Pearson	Valor P de Corridas
<b>Simulado</b>	0,268	0,16	0,156
<b>Real</b>	0,206	0,182	0,306

*Elaboración Propia.*

*Fuente: Minitab 15*

Para realizar la inferencia para la diferencia de medias, se debe establecer que las varianzas son conocidas, aleatoriedad e independencia y normalidad de cada set de datos (Montgomery & Runger, 2004, p. 376). Para la prueba de normalidad se realiza un Normality Test en el programa Minitab 15 y se obtiene el siguiente resultado:



*Figura 67. Prueba de normalidad para datos real.*

*Fuente: Programa Minitab 15.*

Como se puede analizar en el gráfico, el valor p es menor al nivel de significancia de 0.05 por lo que no se puede aceptar la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal (Montgomery & Runger, 2004, p. 377). La misma conclusión se obtiene para ambos set datos.

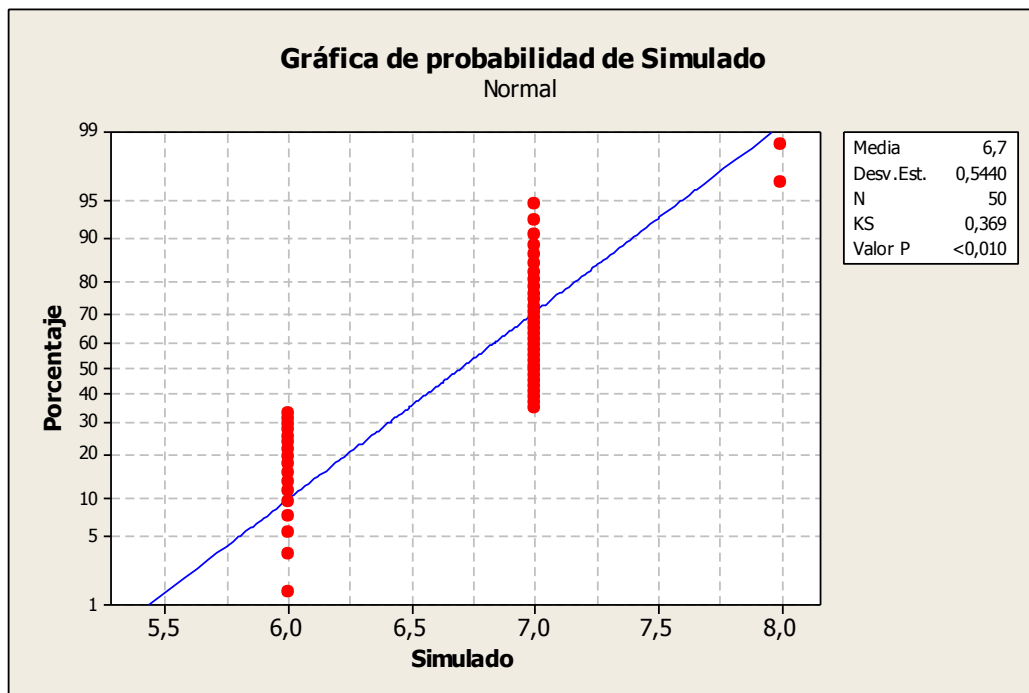


Figura 68. Prueba de normalidad para datos simulados

Fuente: Programa Minitab 15.

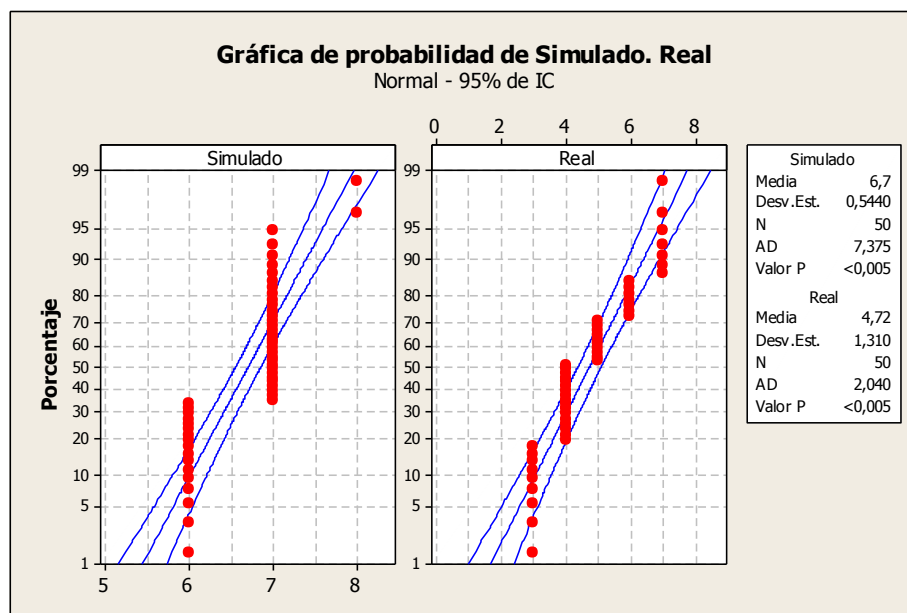


Figura 69. Gráfica de probabilidad normal para simulado y real.

Fuente: Programa Minitab 15.

Ya que no siguen una distribución normal, se prueba si cumple con el teorema de limite central ya tiene un número de observaciones mayor a treinta para cada set de datos sin embargo, se realizó un histograma y se comprobó que los datos no siguen una su distribución normal.

Por lo tanto para el análisis de la diferencia de medias se lo realiza a través de una prueba no paramétrica, Mann-Whitney que realiza inferencias acerca de la diferencia entre dos medianas de población basándose en datos provenientes de dos muestras independientes y aleatorias (Minitab 15 UserGuide, 2014).

El mismo análisis se realiza para el tiempo de espera de la simulación actual con el tiempo de espera de la simulación propuesta y se obtiene los siguientes resultados:

*Tabla 48. Pruebas de Independencia y Aleatoriedad para entidades salientes del sistema.*

Tiempo de Espera	Independencia		Aleatoriedad
	Valor P	Coefficiente de Pearson	Valor P de Corridas
<b>Actual</b>	0,938	0,012	0,289
<b>Propuesto</b>	0,815	0,036	0,303

*Elaboración Propia.*

*Fuente: Minitab 15*

De igual manera se analiza si los set de datos siguen una distribución normal.

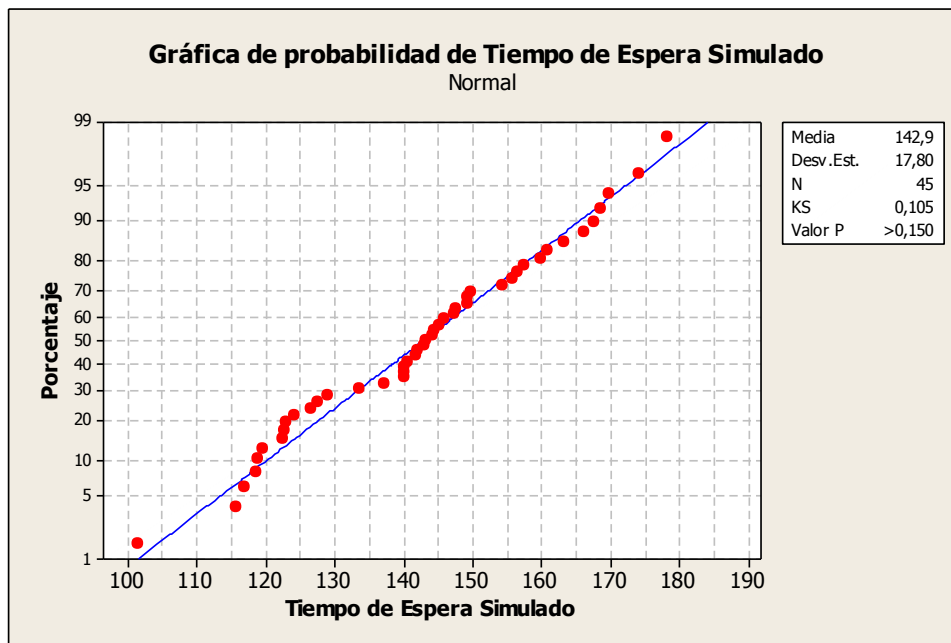


Figura 70. Prueba de normalidad para datos simulados actuales.

Fuente: Programa Minitab 15.

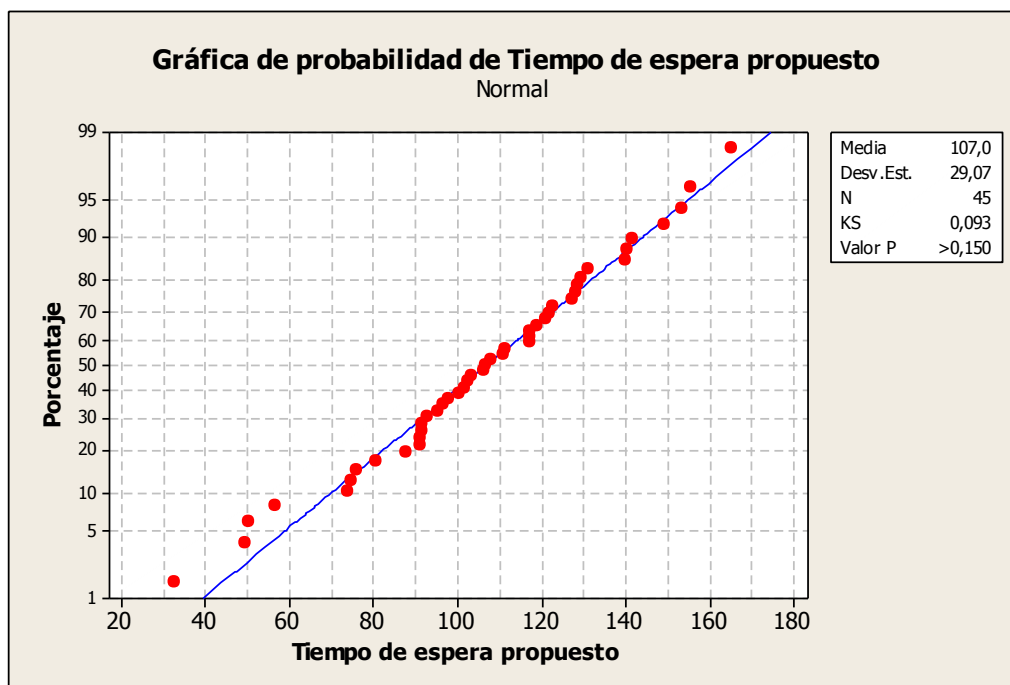


Figura 71. Prueba de normalidad para datos simulados propuestos.

Fuente: Programa Minitab 15.

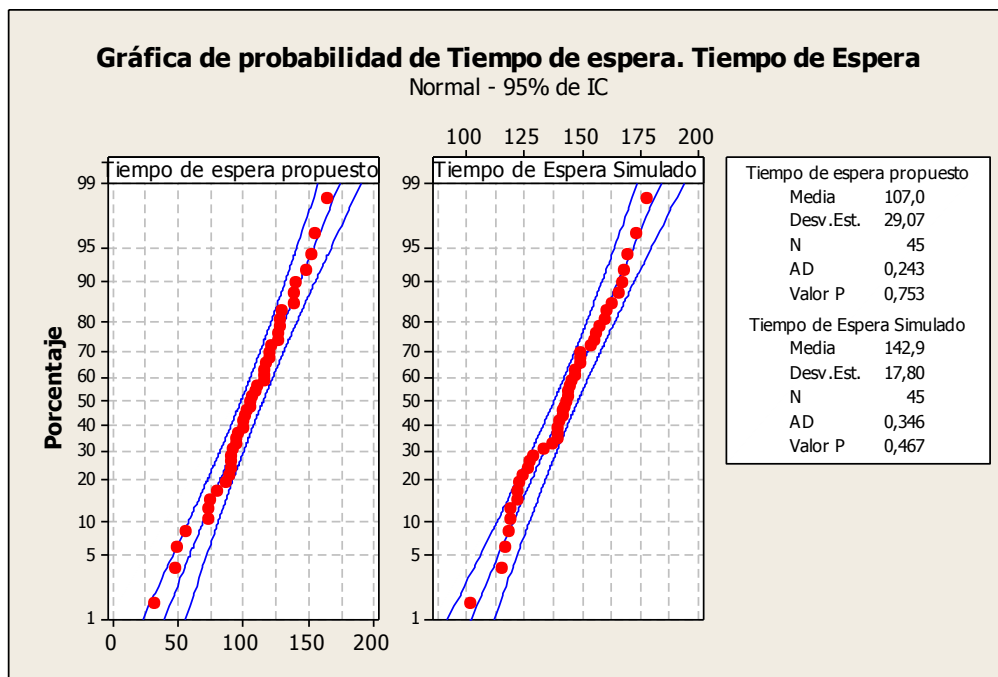


Figura 72. Gráfica de probabilidad normal para simulado y real.

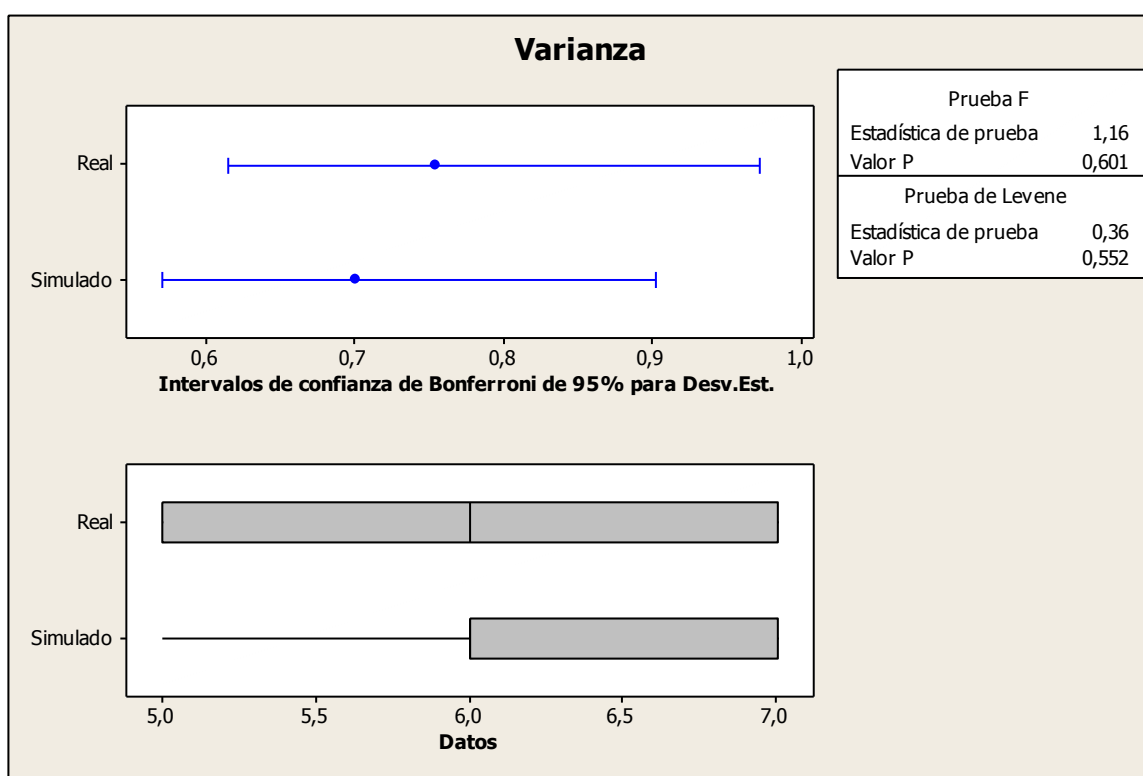
Fuente: Programa Minitab 15.

De acuerdo a los resultados de las gráficas, y del valor p, se puede concluir que los set de datos evaluados siguen una distribución normal.



### ANEXO 30. Igualdad de varianzas.

Para realizar las pruebas mencionadas en el anexo anterior es importante conocer las varianzas de los set de datos. Por lo que se utiliza estadística básica de dos varianzas en el programa Minitab para determinar la igualdad u homogeneidad de la varianza entre dos poblaciones (Montgomery & Runger, 2004). Se utiliza una prueba F cuando los datos son normales, y una prueba Levene cuando es cualquier distribución continua. A continuación se presentan los resultados de la evaluación de la varianza de los datos reales y simulación.



*Figura 73. Gráfica de igualdad de varianzas para real y simulado.*

*Fuente: Programa Minitab 15.*

De acuerdo con el valor p, la las varianzas son iguales para estos dos set de datos.

## ANEXO 31. Resultados de la simulación actual.



*Fuente: Arena Software*

0:02:16

**Category Overview**

mayo 21, 2014

Values Across All Replications

**Unnamed Project**

Replications: 45 Time Units: Minutes

**Entity****Time**

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Americano	96.3312	23,13	0.00	189.12	0.00	197.31
Europeo	136.29	1,96	118.98	147.89	102.29	223.88
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Americano	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Europeo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Americano	110.86	33,27	0.00	320.00	0.00	323.88
Europeo	142.87	5,36	101.58	178.25	0.00	362.05
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Americano	1.8780	0,45	0.00	3.1452	0.00	3.1452
Europeo	2.6244	0,02	2.5140	2.7422	2.3333	2.8600
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Americano	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Europeo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Americano	209.07	53,61	0.00	474.51	0.00	474.51
Europeo	281.78	4,98	247.23	317.37	106.74	479.18

**Other***Fuente: Arena Software*

Values Across All Replications

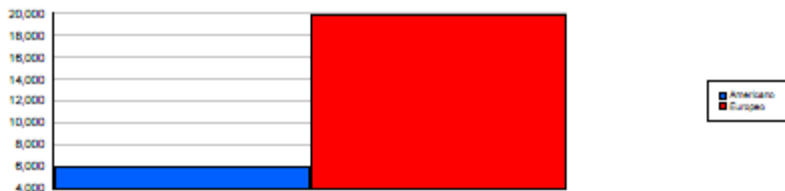
**Unnamed Project**

Replications: 45 Time Units: Minutes

**Entity**

**Other**

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Americano	5.8667	1,18	1.0000	16.0000
Europeo	19.9111	2,37	8.0000	42.0000



Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Americano	0.8000	0,20	0.00	2.0000
Europeo	5.9556	0,25	4.0000	7.0000

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Americano	4.4555	0,79	0.4168	10.2221	0.00	15.0000
Europeo	15.3320	1,51	5.5276	28.1345	0.00	39.0000

*Fuente: Arena Software*

0:02:16

**Category Overview**

mayo 21, 2014

Values Across All Replications

**Unnamed Project**

Replications: 45 Time Units: Minutes

**Queue****Time**

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Bordeado.Queue	3.0822	0,44	0.5809	5.7353	0.00	33.2418
Corte II.Queue	30.8123	4,44	0.00	69.1714	0.00	139.51
Corte Principal.Queue	18.2372	1,22	10.2908	30.5048	0.00	60.4199
Divisores Acoples.Queue	116.14	4,27	76.8309	142.22	0.00	288.76
Limpieza.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soldadura Americano.Queue	112.00	17,43	0.00	193.40	0.00	367.58
Soldadura I.Queue	190.98	9,00	100.09	221.07	0.00	433.54
Soldadura II.Queue	33.3335	9,03	0.00	126.64	0.00	255.17

**Other**

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Bordeado.Queue	0.1203	0,02	0.01331226	0.2520	0.00	2.0000
Corte II.Queue	0.7488	0,17	0.00	2.5761	0.00	13.0000
Corte Principal.Queue	0.5922	0,08	0.1501	1.2075	0.00	18.0000
Divisores Acoples.Queue	4.7490	0,33	2.1586	6.3640	0.00	16.0000
Limpieza.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soldadura Americano.Queue	2.2350	0,67	0.00	8.8197	0.00	14.0000
Soldadura I.Queue	6.6776	0,99	1.4597	16.7434	0.00	25.0000
Soldadura II.Queue	0.3623	0,13	0.00	2.1107	0.00	5.0000

*Fuente: Arena Software*

0:02:16

## Category Overview

mayo 21, 2014

Values Across All Replications

## Unnamed Project

Replications: 45 Time Units: Minutes

## Resource

## Usage

## Instantaneous Utilization

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Mesa	0.06810412	0,00	0.04134515	0.0908	0.00	0.6000
Operador Am	0.7849	0,08	0.00	0.9769	0.00	1.0000
Operador Bordeado	0.5452	0,03	0.3106	0.7337	0.00	1.0000
Operador Corte	0.0997	0,01	0.04726781	0.2199	0.00	1.0000
Operador Corte II	0.2267	0,03	0.02518835	0.5370	0.00	1.0000
Operador Divisores	0.8559	0,00	0.8368	0.8750	0.00	1.0000
Operador Soldadura I	0.9299	0,03	0.5324	0.9912	0.00	1.0000
Operador Soldadura II	0.3994	0,06	0.00	0.8742	0.00	1.0000

## Number Busy

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Mesa	0.3405	0,02	0.2067	0.4538	0.00	3.0000
Operador Am	0.7849	0,08	0.00	0.9769	0.00	1.0000
Operador Bordeado	0.5452	0,03	0.3106	0.7337	0.00	1.0000
Operador Corte	0.0997	0,01	0.04726781	0.2199	0.00	1.0000
Operador Corte II	0.2267	0,03	0.02518835	0.5370	0.00	1.0000
Operador Divisores	0.8559	0,00	0.8368	0.8750	0.00	1.0000
Operador Soldadura I	0.9299	0,03	0.5324	0.9912	0.00	1.0000
Operador Soldadura II	0.3994	0,06	0.00	0.8742	0.00	1.0000

## Number Scheduled

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Mesa	5.0000	0,00	5.0000	5.0000	5.0000	5.0000
Operador Am	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operador Bordeado	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operador Corte	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operador Corte II	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operador Divisores	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operador Soldadura I	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operador Soldadura II	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Fuente: Arena Software

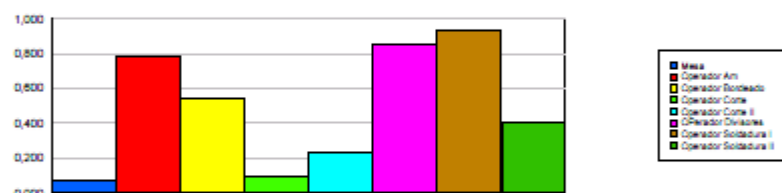
### Unnamed Project

Replications: 45 Time Units: Minutes

### Resource

#### Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Mesa	0.06810412	0,00	0.04134515	0.0908
Operador Am	0.7849	0,08	0.00	0.9769
Operador Bordeado	0.5452	0,03	0.3105	0.7337
Operador Corte	0.0997	0,01	0.04726781	0.2199
Operador Corte II	0.2267	0,03	0.02518835	0.5370
Operador Divisores	0.8559	0,00	0.8368	0.8750
Operador Soldadura I	0.9299	0,03	0.5324	0.9912
Operador Soldadura II	0.3994	0,06	0.00	0.8742



*Fuente: Arena Software*

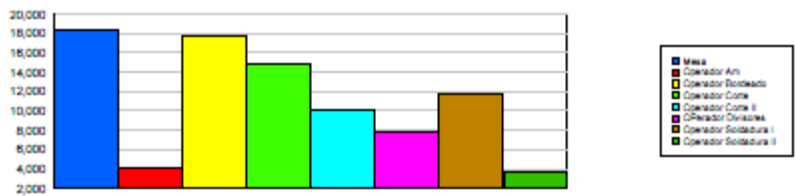
**Unnamed Project**

Replications: 45 Time Units: Minutes

**Resource**

**Usage**

Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Mesa	18.2667	0,93	11.0000	24.0000
Operador Am	4.0889	0,41	0.00	6.0000
Operador Bordeado	17.8444	0,90	11.0000	24.0000
Operador Corte	14.9111	1,61	7.0000	34.0000
Operador Corte II	10.1111	1,56	1.0000	24.0000
Operador Divisores	7.7333	0,13	7.0000	8.0000
Operador Soldadura I	11.7333	0,45	7.0000	14.0000
Operador Soldadura II	3.7333	0,61	0.00	8.0000



*Fuente: Arena Software*



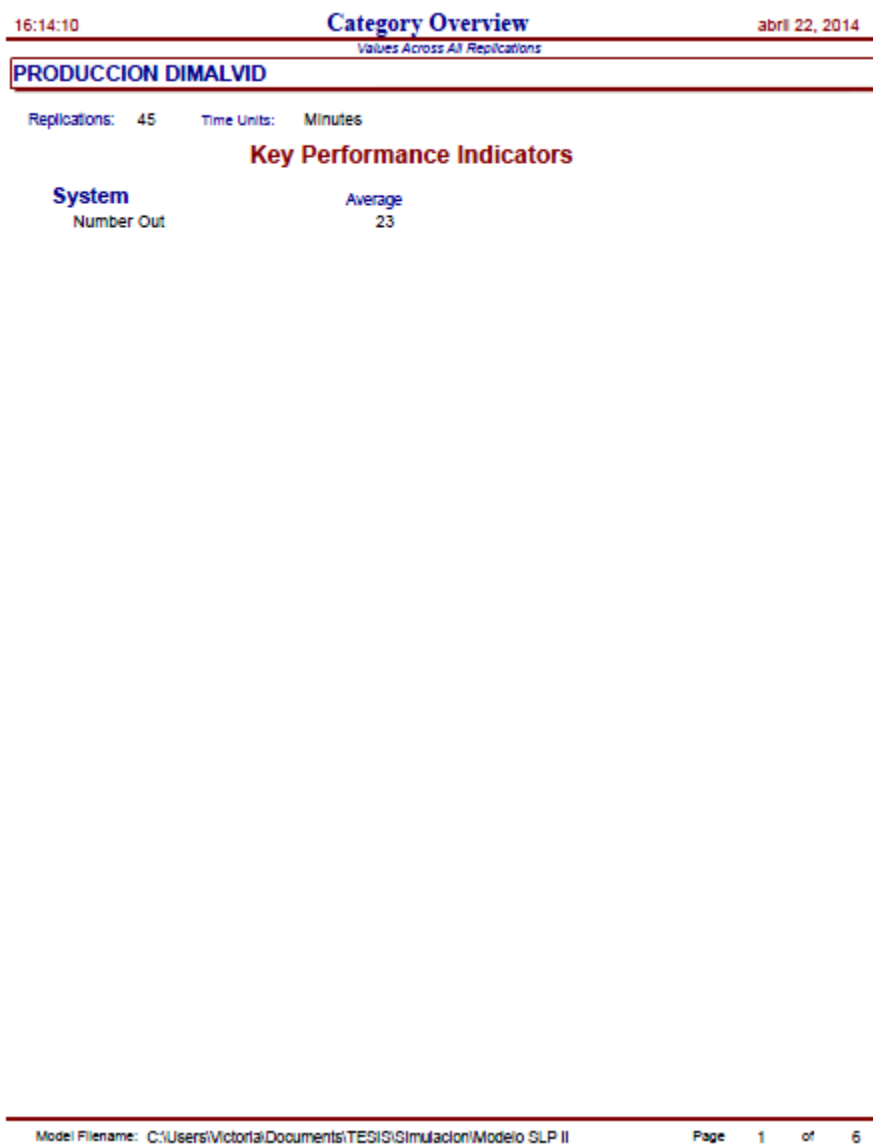
## ANEXO 32. Nuevos tiempos de recorrido entre cada estación.

Tabla 49. Cálculo de los tiempos de recorrido para la propuesta SLP.

Hacia Desde	Bodega Principal	Corte Principal	Corte II	Soldadura I	Soldadura II	Refuerzos	Limpieza	Bodega Accesorios	Bordeado	Divisores & Acoples	Almacenamiento Producto Final
<b>Bodega Principal</b>	0,00	5,08	5,24	7,06	10,85	5,13	14,09	23,13	22,82	19,02	12,01
<b>Corte Principal</b>	5,08	0,00	5,81	6,18	10,75	5,03	13,99	21,43	22,71	18,91	11,91
<b>Corte II</b>	5,24	5,81	0,00	7,79	5,61	5,06	12,10	23,86	17,58	13,78	6,77
<b>Soldadura I</b>	7,06	6,18	7,79	0,00	4,77	2,73	7,81	16,07	16,53	12,73	11,83
<b>Soldadura II</b>	10,85	10,75	5,61	4,77	0,00	5,72	9,08	20,84	11,96	8,17	7,06
<b>Refuerzos</b>	5,13	5,03	5,06	2,73	5,72	0,00	8,96	18,80	17,68	13,89	9,10
<b>Limpieza</b>	14,09	13,99	12,10	7,81	9,08	8,96	0,00	11,76	8,72	9,86	16,14
<b>Bodega Accesorios</b>	23,13	21,43	23,86	16,07	20,84	18,80	11,76	0,00	15,52	21,62	27,90
<b>Bordeado</b>	22,82	22,71	17,58	16,53	11,96	17,68	8,72	15,52	0,00	6,11	12,38
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	19,02	18,91	13,78	12,73	8,17	13,89	9,86	21,62	6,11	0,00	7,01
<b>Almacenamiento Producto Final</b>	12,01	11,91	6,77	11,83	7,06	9,10	16,14	27,90	12,38	7,01	0,00

*Elaboración propia.*

## ANEXO 33. Resultados de la simulación del modelo propuesto.



Fuente: Arena Software

16:14:10

## Category Overview

abril 22, 2014

Values Across All Replications

## PRODUCCION DIMALVID

Replications: 45 Time Units: Minutes

## Entity

## Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Americano	138.06	2,23	119.14	153.65	99.59	175.34
Europeo	128.64	0,94	120.80	134.44	102.44	173.26
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Americano	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Europeo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Americano	146.20	14,87	9.5280	241.71	0.00	369.44
Europeo	108.44	4,09	81.0736	151.89	0.00	323.50
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Americano	0.4257	0,05	0.08733333	0.6962	0.08733333	0.6962
Europeo	0.6080	0,01	0.5230	0.6846	0.08466667	0.6935
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Americano	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Europeo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Americano	284.68	14,33	155.56	371.80	138.98	473.89
Europeo	237.68	4,26	211.05	278.61	102.53	460.78

## Other

Fuente: Arena Software

16:14:10

## Category Overview

abril 22, 2014

Values Across All Replications

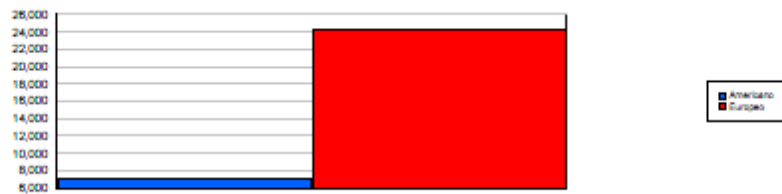
## PRODUCCION DIMALVID

Replications: 45 Time Units: Minutes

## Entity

## Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Americano	7.0222	1,03	4.0000	20.0000
Europeo	24.1778	3,18	17.0000	51.0000



Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Americano	3.8667	0,51	1.0000	8.0000
Europeo	18.8222	0,92	16.0000	27.0000

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Americano	3.9218	0,49	2.1393	8.1492	0.00	15.0000
Europeo	11.9527	1,85	7.6489	31.9962	0.00	43.0000

Fuente: Arena Software

16:14:10

**Category Overview**

abril 22, 2014

Values Across All Replications

**PRODUCCION DIMALVID**

Replications: 45 Time Units: Minutes

**Queue****Time**

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Corte II.Queue	30.0816	2,40	15.9776	46.7729	0.00	105.10
Corte Principal.Queue	18.6257	0,85	11.6546	27.4545	0.00	52.2290
Divisores Acoples.Queue	24.9534	4,11	1.3337	57.0654	0.00	127.84
Limpieza.Queue	6.7328	1,49	1.2415	23.5788	0.00	42.5796
Soldadura Americano.Queue	142.02	13,09	37.8806	202.42	0.00	400.91
Soldadura I.Queue	81.5266	7,72	46.3238	166.19	0.00	336.90
Soldadura II.Queue	2.4221	1,31	0.00	16.1821	0.00	66.9518

**Other**

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Corte II.Queue	0.7279	0,09	0.2107	1.5209	0.00	10.0000
Corte Principal.Queue	0.7719	0,13	0.2428	1.7250	0.00	19.0000
Divisores Acoples.Queue	1.2568	0,34	0.04445740	4.7561	0.00	10.0000
Limpieza.Queue	0.3246	0,08	0.04138237	1.1892	0.00	5.0000
Soldadura Americano.Queue	2.4765	0,49	0.1578	5.9912	0.00	9.0000
Soldadura I.Queue	3.3164	0,81	0.8686	12.5355	0.00	20.0000
Soldadura II.Queue	0.04715527	0,03	0.00	0.3537	0.00	4.0000

Fuente: Arena Software

16:14:10

## Category Overview

abril 22, 2014

Values Across All Replications

## PRODUCCION DIMALVID

Replications: 45 Time Units: Minutes

## Resource

## Usage

## Instantaneous Utilization

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Mesa	0.4501	0,05	0.2866	0.8024	0.00	1.0000
Operador Am	0.9085	0,04	0.4563	0.9610	0.00	1.0000
Operador Corte	0.1180	0,02	0.05442011	0.2622	0.00	1.0000
Operador Corte II	0.2433	0,02	0.1065	0.4303	0.00	1.0000
Operador Divisores	0.6217	0,04	0.4614	0.8395	0.00	1.0000
Operador Soldadura I	0.5947	0,07	0.3211	0.9914	0.00	1.0000
Operador Soldadura II	0.2018	0,03	0.03015465	0.4340	0.00	1.0000

## Number Busy

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Mesa	0.4501	0,05	0.2866	0.8024	0.00	1.0000
Operador Am	0.9085	0,04	0.4563	0.9610	0.00	1.0000
Operador Corte	0.1180	0,02	0.05442011	0.2622	0.00	1.0000
Operador Corte II	0.2433	0,02	0.1065	0.4303	0.00	1.0000
Operador Divisores	2.4667	0,17	1.8455	3.3581	0.00	4.0000
Operador Soldadura I	1.1893	0,14	0.6423	1.9627	0.00	2.0000
Operador Soldadura II	0.6055	0,09	0.0905	1.3021	0.00	3.0000

## Number Scheduled

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Mesa	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operador Am	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operador Corte	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operador Corte II	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operador Divisores	4.0000	0,00	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000
Operador Soldadura I	2.0000	0,00	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
Operador Soldadura II	3.0000	0,00	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000

Fuente: Arena Software

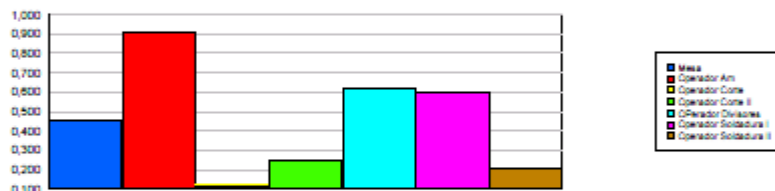
**PRODUCCION DIMALVID**

Replications: 45 Time Units: Minutes

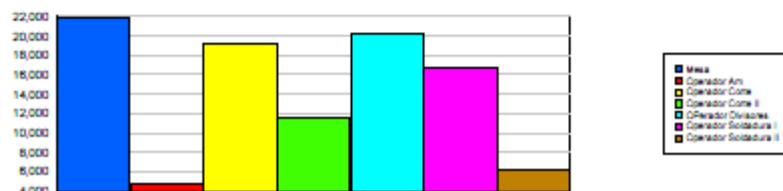
**Resource**

**Usage**

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Mesa	0.4501	0,05	0.2866	0.8024
Operador Am	0.9085	0,04	0.4563	0.9610
Operador Corte	0.1180	0,02	0.05442011	0.2622
Operador Corte II	0.2433	0,02	0.1065	0.4303
Operador Divisores	0.6217	0,04	0.4614	0.8395
Operador Soldadura I	0.5947	0,07	0.3211	0.9914
Operador Soldadura II	0.2018	0,03	0.03015465	0.4340



Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Mesa	21.9556	2,38	14.0000	39.0000
Operador Am	4.8000	0,25	2.0000	6.0000
Operador Corte	19.1778	2,75	10.0000	42.0000
Operador Corte II	11.4667	1,16	5.0000	21.0000
Operador Divisores	20.2222	1,60	14.0000	29.0000
Operador Soldadura I	16.7556	2,05	9.0000	29.0000
Operador Soldadura II	6.1111	0,90	1.0000	12.0000



Fuente: Arena Software

## ANEXO 34. Espacios necesarios para la propuesta general

Tabla 50. Espacio necesario para la propuesta general.

<b>Estación</b>	<b>Número de Operadores Propuestos</b>	<b>Espacio Actual (m2)</b>	<b>Espacio Necesario (m2)</b>
<b>Corte Principal</b>	1	28	23.57
<b>Corte II</b>	1	40	23.57
<b>Soldadura I</b>	2	34	37.32
<b>Soldadura II</b>	3	23	53.94
<b>Limpieza</b>	1	90	8.82
<b>Bordeado</b>	1	38	26.38
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	4	33	50.58
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>286</b>	<b>224.17</b>

*Elaboración propia.*



## ANEXO 35. Propuesta SLP modificada.

Tabla 51. Nomenclatura de las estaciones de trabajo.

<i>Estación de Trabajo</i>	<i>Nomenclatura</i>
Bodega P	1
Corte P	2
Corte II	3
Soldadura I	4
Soldadura II	5
Limpieza	6
Bodega Acc	7
Bordeado	8
Div & Acop	9
Almacenamiento PF	10

*Elaboración propia.*



## ANEXO 36. Distancias y adyacencia de la propuesta SLP modificada.

Tabla 52. Tabla Desde - Hacia distancias de la propuesta SLP modificada

Desde Hacia	Bodega P	Corte P	Corte II	Soldadura I	Soldadura II	Limpieza	Bodega Acc	Bordeado	Divisores & Acoples	Almacenamiento producto final
<b>Bodega P</b>		5.5	5.5	11	12	15.5	31.5	16.5	27.5	15
<b>Corte P</b>	5.5		6	5.5	12.5	10	26	17	28	15.5
<b>Corte II</b>	5.5	6		11.5	6.5	16	32	14	22	9.5
<b>Soldadura I</b>	11	5.5	11.5		7	4.5	20.5	11.5	22.5	13
<b>Soldadura II</b>	12	12.5	6.5	7		9.5	25.5	7.5	15.5	8
<b>Limpieza</b>	15.5	10	16	4.5	9.5		16	7	18	17.5
<b>Bodega Acc</b>	31.5	26	32	20.5	25.5	16		18	21	33.5
<b>Bordeado</b>	16.5	17	14	11.5	7.5	7	18		11	15.5
<b>Divisores &amp; Acoples</b>	27.5	28	22	22.5	15.5	18	21	11		12.5
<b>Almacenamiento producto final</b>	15	15.5	9.5	13	8	17.5	33.5	15.5	12.5	

*Elaboración propia.*

Tabla 53. Tabla Desde - Hacia adyacencia de la propuesta SLP modificada.

Desde Hacia	Bodega P	Corte P	Corte II	Soldadura I	Soldadura II	Limpieza	Bodega Acc	Bordeado	Divisores & Acoples	Almacenamiento producto final
<b>Bodega P</b>		1	1							1
<b>Corte P</b>	1		1	1						
<b>Corte II</b>	1	1			1					1
<b>Soldadura I</b>		1			1	1				
<b>Soldadura II</b>			1	1		1		1		1
<b>Limpieza</b>				1	1			1		
<b>Bodega Acc</b>										
<b>Bordeado</b>					1	1			1	
<b>Divisores &amp; Acoples</b>								1		1
<b>Almacenamiento producto final</b>	1		1		1				1	

*Elaboración propia.*

ANEXO 37. Diseño del modelo propuesto en el programa Arena

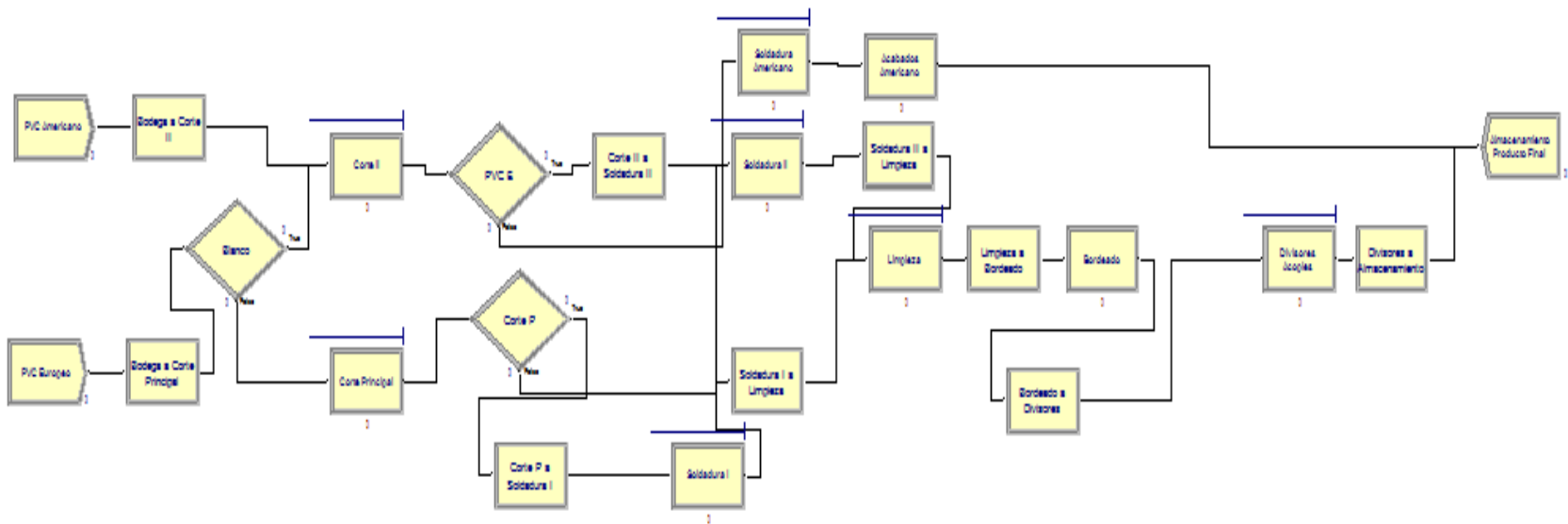


Figura 75. Diseño del modelo propuesto en Arena

Fuente: Arena Software