

**Universidad de Valparaíso**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Ingeniería Civil Industrial**



**Modelo de programación para la planificación de la producción en la construcción de Salas eléctricas**

Por  
Alejandro Andrés Godoy Hidalgo  
Daniel Suazo Hernandez

Trabajo de Título para optar al grado de  
Licenciado de las Ciencias de la Ingeniería y al Título de  
Ingeniero Civil Industrial.

Profesor Guía Fernando Crespo

Enero 2014

*Dedicar especialmente a nuestros padres, familia y seres queridos que creyeron en nosotros y nos dieron el ánimo y las fuerzas para continuar en los momentos difíciles.*

## **Resumen:**

En mundo competitivo las empresas deben hacer mejoras para obtener ventajas competitivas frente a la competencia. En este caso de estudio se analizara la empresa ROLEC S.A. Esta empresa es una empresa orientada a la construcción de salas eléctricas, las cuales son fabricadas a la medida y requerimientos de los clientes. Sus principales clientes son las minerías y centrales hidroeléctricas, estos dos como clientes potenciales.

La presente memoria se basa en la planificación de la empresa ROLEC S.A. que actualmente presenta varias dificultades el modelo de planificación que utilizan, ya que actualmente todos los proyectos que ellos realizan, en su mayoría presentan retrasos en su entrega, lo que mantiene complicada a la directiva, ya que cada retraso viene acompañado de una multa por no cumplir las fechas establecidas.

Durante el desarrollo, se pretende establecer y conocer la situación actual de la empresa, su funcionamiento en el área de planificación y producción, como desarrollan cada producto, sus materiales y la existencia de importaciones de algunos de ellos, y conocer debidamente a cabalidad cada proceso que se desarrolla por la organización, con el fin de ver la raíz del problema de las demoras en el área de producción.

Actualmente, la memoria presenta la importancia de la planificación y como ha ido desarrollando a través del tiempo, y el aporte importante que esta hace para el análisis de la planificación actual y futura que se espera realizar. También es de suma importancia destacar que se realizaron mediciones de datos históricos de tiempo de diferentes proyectos desde el 2009, los cuales permitieron demostrar los procesos menos eficientes y que presentan mayores horas de retraso en su entrega.

Luego de esto se procederá a realizar los modelos pertinentes para poder encontrar los tiempos adecuados por cada uno de los procesos para la construcción de la sala eléctrica, además una serie de mejoras directas e indirectas al modelo, ya que ayudarán para la optimización de los procesos, la reducción de los tiempos de espera entre uno y otro, los cuales ayudaran a entregar los proyectos en las fechas estipuladas y sin retraso.

# Índice de contenido

## Contenido

|   |    |
|---|----|
| Resumen: .....  | 2  |
| Índice de contenido .....                                   | 3  |
| Contenido .....   | 3  |
| Índice de Tablas .....                                      | 6  |
| Índice de Figuras .....                                     | 7  |
| Índice de Gráficos.....                                     | 8  |
| Siglas .....  | 9  |
| Introducción .....  | 10 |
| 1. Capítulo 1: Introducción, Objetivo y Marco Teórico. .... | 11 |
| 1.1. Introducción.....                                      | 11 |
| 1.2. Planteamiento del Problema .....                       | 11 |
| 1.3. Objetivos .....  | 14 |
| 1.3.01. Objetivo General:.....                              | 14 |
| 1.3.02. Objetivos Específicos: .....                        | 14 |
| 1.4. Mejoras a las que se pretende llegar .....             | 14 |
| 1.5. Metodología .....                                      | 15 |
| 1.6. Situación Actual de la empresa .....                   | 18 |
| 1.7. Organigrama .....                                      | 20 |
| 1.8. Descripción del Producto.....                          | 21 |
| 1.9. Análisis de la demanda.....                            | 23 |
| 1.10. Procesos.....   | 26 |
| 1.11. Materiales.....                                       | 31 |
| 1.12. Problemas .....                                       | 32 |
| 2. Capítulo 2: Marco Teórico.....                           | 34 |
| 2.1. Introducción.....                                      | 34 |
| 2.2. Marco Teórico .....                                    | 34 |
| 2.2.01. Planificación.....                                  | 34 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.2.02. | La planificación y sus primeras perspectivas.....   | 34 |
| 2.2.03. | Definición de Planificación.....                    | 39 |
| 2.2.04. | La Previsión y Planeación .....                     | 40 |
| 2.2.05. | Elementos de la Planeación.....                     | 40 |
| 2.2.06. | Finalidad de la planeación.....                     | 41 |
| 2.2.07. | Etapas de planificación.....                        | 42 |
| 2.2.08. | Planificación de la producción.....                 | 44 |
| 2.2.09. | Planificación Estratégica.....                      | 47 |
| 2.2.10. | Planeación Táctica.....                             | 49 |
| 2.2.11. | Estrategias de La producción Agregada .....         | 50 |
| 2.2.12. | Métodos manuales de tablas y gráficos.....          | 51 |
| 2.2.13. | Métodos matemáticos y de simulación.....            | 54 |
| 2.2.14. | Planeación Operativa .....                          | 55 |
| 2.3.    | VSM Value Stream Mapping (Flujo Mapa de Valor)..... | 56 |
| 3.      | Capítulo 3: .....                                   | 59 |
| 3.1.    | Introducción .....                                  | 59 |
| 3.2.    | Análisis de las actividades Productivas .....       | 59 |
| 3.2.01. | Aspectos Generales.....                             | 59 |
| 3.2.02. | Diagnóstico de tiempos actuales e Históricos.....   | 62 |
| 3.3.    | Proceso Metalmecánico.....                          | 64 |
| 3.3.01. | Guillotina .....                                    | 65 |
| 3.3.02. | Punzonado.....                                      | 65 |
| 3.3.03. | Plegado.....  | 66 |
| 3.3.04. | Armado.....   | 67 |
| 3.4.    | Procesos Restantes .....                            | 67 |
| 3.4.01. | Pintura.....  | 68 |
| 3.4.02. | Montaje .....                                       | 69 |
| 3.4.03. | Conexionado.....                                    | 70 |
| 3.4.04. | Levantamiento .....                                 | 71 |
| 3.5.    | Conclusiones del análisis de tiempo.....            | 71 |
| 4.      | Capítulo 4.....                                     | 73 |
| 4.1.    | Modelación de la situación actual en Arena.....     | 73 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 4.1.01. | Simulación de construcción de una sala eléctrica. ....   | 73  |
| 4.2.    | VSM Value Stream Mapping o Flujo de mapa de valor.....   | 81  |
| 4.2.01. | Explicación del proceso .....                            | 83  |
| 4.2.02. | El tiempo total de producción .....                      | 84  |
| 4.2.03. | Calculo de operadores.....                               | 86  |
| 4.2.04. | Oportunidades de Mejora: .....                           | 88  |
| 4.2.05. | Movimientos innecesarios (Organización y personas) ..... | 90  |
| 4.2.06. | Plan de acción. ....                                     | 93  |
| 4.3.    | Simulación ARENA.....                                    | 94  |
| 5.      | Capítulo 5 .....   | 97  |
| 5.1.    | Evaluación del impacto económico de las medidas .....    | 97  |
| 6.      | Capítulo 6 .....   | 100 |
| 6.1.    | Conclusión .....   | 100 |
| 7.      | Bibliografía .....                                       | 104 |
| 8.      | Anexos.....  | 105 |

## Índice de Tablas

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 1.1 Promedio de Atraso 2011-2012 .....   | 12  |
| Tabla 1.2 Inversiones proyectos estatales. ....  | 12  |
| Tabla 1.3 Estimación de inversión nacional proyectos privados periodo 2011-2015 (USD Millones). ....       | 23  |
| Tabla 1.4 Estimación de inversión Internacional proyectos estatales periodo 2011-2015 (USD Millones). .... | 24  |
| Tabla 1.5 Metros Cuadrado (m <sup>2</sup> ) de salas ganados por año.....                                  | 25  |
| Tabla 2.1 Comparación entre métodos de planificación agregada.....   | 51  |
| Tabla 3.2.1 Proyectos desarrollados en base a módulos en los últimos 3 años .....                          | 61  |
| Tabla 3.2.2 Tiempos de construcción total por cada proyecto de 2 módulos.....                              | 63  |
| Tabla 4.1.1 Tiempos promedio de construcción de una SE .....   | 75  |
| Tabla 4.1.2 Datos para la simulación de ARENA.....   | 76  |
| Tabla 4.1.3 Resultado de los tiempos de ciclo en la simulación de la producción de SE en ARENA .....       | 78  |
| Tabla 4.1.4 Resultado de las colas en la simulación de la producción de SE en ARENA.....                   | 79  |
| Tabla 4.1.5 Tiempos de producción en Metalmecánica.....  | 79  |
| Tabla 4.2.1 Actividades que agregan valor v/s actividades que no agregan valor.....                        | 82  |
| Tabla 4.2.2 Tiempo de actividades que Generan valor v/s las que no generan valor.....                      | 84  |
| Tabla 4.2.3 Tabla de Recursos .....  | 87  |
| Tabla 4.2.4 Plan de acción del VSM.....  | 93  |
| Tabla 4.3.1 Comparación de resultado de Simulación en Arena.....   | 95  |
| Tabla 4.3.2 Resultado de Simulación en Arena .....   | 95  |
| Tabla 5.1.1 Arriendo de Grúa.....  | 98  |
| Tabla 5.1.2 Compra de Grúa Horquilla.....  | 98  |
| Tabla 5.1.3 Estimación de ahorro económico en base a la disminución de tiempos .....                       | 99  |
| Tabla 6.1.1 Reducción en los tiempos de espera .....   | 102 |
| Tabla 6.1.2 Ahorro e inversión .....   | 102 |

## Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1 Cobertura .....   | 19 |
| Figura 1.2 Organigrama de la Empresa.....  | 20 |
| Figura 1.3 Proceso Productivo .....  | 27 |
| Figura 1.4 Distribución de la planta .....   | 30 |
| Figura 1.5 Desperdicios .....  | 32 |
| Figura 2.1 La planificación y la Ejecución.....  | 37 |
| Figura 2.2 Interacciones entre la empresa, planeación y motivación. ....                                 | 38 |
| Figura 2.3 Interacciones entre la empresa, planeación y motivación. ....                                 | 39 |
| Figura 2.4 Partes del proceso de planeación .....  | 42 |
| Figura 2.5 Etapas de la planificación de acuerdo a la toma de decisiones .....                           | 44 |
| Figura 2.6 Proceso de Planificación y control de la Producción .....                                     | 46 |
| Figura 2.7 Planificación y control en el conjunto de la empresa y en el subsistema de<br>producción..... | 46 |
| Figura 2.8 Pasos para la realización de un plan estratégico.....   | 48 |
| Figura 2.9 Modelo de sistema de planeación .....   | 56 |
| Figura 2.10 Simbología VSM .....   | 58 |
| Figura 4.1.1 Flujo grama de procesos de construcción de una SE. ....                                     | 73 |
| Figura 4.1.2 Interacción de procedimientos de construcción de una SE .....                               | 74 |
| Figura 4.1.3 Simulación de la producción de SE en ARENA .....  | 78 |
| Figura 4.2.1 VSM Estado Actual .....   | 81 |
| Figura 2 Matriz Esfuerzo - Beneficio .....   | 88 |
| Figura 4.2.3 Fotos del antes y después de Eventos Kaizen 5´S+ .....                                      | 91 |
| Figura 4.2.4 Mapa de estado Futuro.....  | 92 |

## Índice de Gráficos

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1.1 Distribución sectorial de la inversión a materializar quinquenio 2011-2015. .... | 23 |
| Gráfico 1.2 Distribución Sectorial de la inversión estatal según periodo 2011-2015. ....     | 24 |
| Gráfico 1.3 Cantidad por unidades de vendidas de SE por años .....                           | 25 |
| Gráfico 1.4 Porcentaje de materias Primas importadas .....                                   | 31 |
| Gráfico 2.1 Representación gráfica de la carta Gantt. ....                                   | 52 |
| Gráfico 2.2 Representación del diagrama de Flechas .....                                     | 53 |
| Gráfico 3.2.1 Etapas de un proyecto. ....  | 60 |
| Gráfico 3.2.2 Porcentaje de los módulos más construidos por ROLEC. ....                      | 62 |
| Gráfico 3.2.3 Tiempo que tarda en desarrollo de un proyecto .....                            | 63 |
| Gráfico 3.3.1 Tiempo que tarda en el proceso de Guillotina .....                             | 65 |
| Gráfico 3.3.2 Tiempo que tarda en el proceso de Punzonado.....                               | 65 |
| Gráfico 3.3.3 Tiempo que tarda en el proceso de Plegado.....                                 | 66 |
| Gráfico 3.3.4 Tiempo que tarda en el proceso de armado.....                                  | 67 |
| Gráfico 3.4.1 Tiempo que tarda en el proceso de Pintura.....                                 | 68 |
| Gráfico 3.4.2 Tiempo que tarda en el proceso de Montaje. ....                                | 69 |
| Gráfico 3.4.3 Tiempo que tarda en el proceso de Montaje .....                                | 70 |
| Gráfico 3.4.4 Tiempo que tarda en el proceso de Montaje. ....                                | 71 |
| Gráfico 4.2.1 Cantidad de actividades que generan Valor.....                                 | 83 |
| Gráfico 4.2.2 Tiempo de actividades que Generan valor v/s las que no generan valor .....     | 84 |
| Gráfico 4.2.3 Procesos que no agregan valor .....  | 85 |
| Gráfico 4.2.4 Gráfico de Balanceo .....  | 86 |

## Siglas

|              |   |
|--------------|---|
| CBC          | : Corporación de Bienes capitales.  |
| VCP          | : VaccumCircuit Protector (Interruptor de Baja tensión).  |
| BT           | : Baja Tensión.   |
| SE           | : Sala Eléctrica.   |
| CMC          | : Centro de distribución de carga.  |
| HH           | : Horas Hombres Establecidas por cuadrillas compuestas por un soldador, un maestro y 2 ayudantes. |
| TBT          | : Tablero de Baja Tensión.  |
| CCM          | : Centro de control de Motores.   |
| Micras       | : Unidad de medida.   |
| Piting       | : Grado de corrosión alto provocando múltiples puntos sobre la superficie.                        |
| RF           | : Resistencia al Fuego (30-60-120 min).   |
| SIG          | : Sistema de gestión de calidad.  |
| OT           | : Orden de Trabajo  |
| NVA          | : Non Value Added (No agregan Valor)  |
| VA           | : Value Added (Agregan Valor)   |
| Kaizen       | : Eventos de Mejora Continua  |
| Kaizen Burst | : Oportunidades de mejora   |

## Introducción

En un mercado globalizado el cliente es cada vez más exigente con sus necesidades, y una de las preocupaciones de las empresas que satisfacen esas necesidades, es preocuparse de la efectiva planificación y control de la producción. Hoy en día la planificación es una herramienta de gran importancia a nivel de las organizaciones ya que proporcionan un marco de referencia a la toma de decisiones la que permite una importante conexión en cuanto a las estrategias empresariales y las estrategias de operaciones tales como la misión, competencia, objetivos, políticas, etc., y por lo tanto es quien representa el estudio de la fijación de objetivos de la empresa en el corto y largo plazo.

En la empresa a trabajar se puede observar que al realizar los trabajos de planificación se originan incertidumbre e inquietudes tales como, pérdida de proyectos por plazos incumplibles, atrasos en la llegada de productos, costos elevados de subcontratación, etc. Estas incertidumbres se encuentran permanentemente dentro de los procesos de fabricación y que hace que la toma de decisiones sea bastante compleja.

Es por ello que es necesario realizar la planificación, que permita a la empresa lograr mejores rendimientos de su actividad y lograr el diseño de presupuestos concretos ajustados a la realidad que padece la empresa, mediante la definición un problema de planificación de la producción basado en programación y simulación que permita modelar adecuadamente los problemas reales de planificación de la producción, por ejemplo: retrasos inciertos debido a fallos en el proceso de producción e incertidumbre, incluso, en las cantidades que pueden suministrar los proveedores, entre otras.

Por lo tanto, en la presente memoria se abordaran temas como el estado actual de la empresa, los procesos que esta realizar para desarrollar sus productos, el cómo se lleva a cabo la planificación de la empresa en la actualidad para, por medio de un modelo, poder hacer mejoras en la planificación de cada proyecto realizado por la organización.

# 1. Capítulo 1: Introducción, Objetivo y Marco Teórico.

## 1.1. Introducción

En este capítulo se realiza una presentación de la problemática que existe en la empresa, y las razones por la cual se realizará el proyecto. Consta con una reseña histórica, estructura organizacional, análisis de la empresa que considera diversos temas tales como: un pequeño análisis de la demanda, procesos, materiales y problemáticas.

## 1.2. Planteamiento del Problema

La Empresa ROLEC está dedicada a la fabricación y distribución de productos electrónicos. En esta oportunidad nos enfocaremos en las salas de control.

Dentro de estas salas existen 3 procesos que dan vida al funcionamiento de esta, en la cual diversas áreas se encuentran a cargo de este proceso.

- Negociación o participación en la licitación
- Construcción de la estructura metálica
- Montaje de componentes

Los procesos se encuentran detallados para cada área. El responsable de la negociación es el área comercial, mientras que la construcción y montaje está dada por el área de producción.

En este último tiempo se han recibido demasiadas quejas por parte de los clientes, debido al incumplimiento de las fechas establecidas de entrega de las salas de control, lo que provoca el pago de indemnización de parte de ROLEC por incumplimiento de contrato. Además la apreciación de los clientes considera que 53% no somos competitivos o regular en los plazos de entrega<sup>1</sup>. Una de las medidas para poder solucionar la demora en la entrega, fue aumentar la mano de obra incrementándola en un 26%<sup>2</sup>, y generando dos

---

<sup>1</sup> Dato de Encuesta de Satisfacción al Cliente 2013

<sup>2</sup> Dato entregado por RRHH. Abril 2012

turnos nuevos de trabajo, lo que llevo consigo un aumento en los costos para la empresa, pero aun así, los tiempos de entrega de las salas de control siguen siendo fuera de lo planificado, aproximadamente uno a dos meses de retraso.

Alguno de estos retrasos ha provocado que algunos de los clientes, insatisfechos por la demora en la entrega de los productos, no quiera recibir las salas de control hasta nuevo aviso, lo cual provoca perdida de espacio físico en la empresa para la construcción de nuevos productos.

Tabla 1.1 Promedio de Atraso 2011-2012

|                            | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo |
|----------------------------|------------|---------|-----------|-----------|-------|---------|-------|
| Promedio días de retrasos. | 10,2       | 10,7    | 15,5      | 3,65      | 4,01  | 6,22    | 7,73  |

Fuente: Índice de Calidad N°2 de la Gerencia de Operaciones abril 2012

Consultando dentro de los procesos productivos de la empresa, se encontró que no hay una claridad dentro de la jefatura y los operarios, del por qué, existe una demora en la construcción de las salas de control, ya que cada uno de ellos culpabiliza a la otra área por el retraso de su trabajo, por ende se desconoce la causa específica de dichos retrasos.

Por otro lado, las inversiones que se desarrollan en el país durante los próximos años abarcan los sectores que se muestran en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Inversiones proyectos estatales.

| SECTOR               | 2010         | 2011         | 2012         | 2013         | 2014         | Total         |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Energía              | 53           | 112          | 309          | 201          | 97           | 773           |
| Industrial           | 0            | 34           | 69           | 114          | 68           | 285           |
| Inmobiliario         | 3            | 21           | 52           | 14           | 0            | 89            |
| Minería              | 963          | 1.678        | 2.773        | 2.947        | 2.223        | 10.583        |
| Obras Públicas       | 1.124        | 1.049        | 1.328        | 1.548        | 1.297        | 6.346         |
| Otros                | 1            | 7            | 0            | 0            | 0            | 8             |
| <b>Total Estatal</b> | <b>2.144</b> | <b>2.901</b> | <b>4.530</b> | <b>4.825</b> | <b>3.684</b> | <b>18.085</b> |

Fuente: Corporación de Bienes de Capital, Diciembre 2010

El enfoque de esta empresa en estudio es un 98% del sector minero y el 2% restante para energía, inmobiliario industrial y forestal. Lleva muchos años en el rubro y tiene un prestigio creado a lo largo de su trayectoria. El aumento en los proyectos de inversiones mineros nacionales generaría una alta demanda que se efectuara dentro de los próximos 3

años. Se Considera que la participación dentro de los proyectos mineros es aproximadamente de un 2% dentro de los proyectos de inversión y en el sector inmobiliario y energía son 0,8 a 1%.

Dado que en la actualidad están emergiendo empresas que realizan la fabricación del mismo producto, es de gran importancia para ROLEC realizar planificación de manera eficiente para no causar molestias y des afiliación de los clientes

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.01. Objetivo General:**

Diseñar un modelo de Programación para la planificación de la producción en la construcción de las salas de control, con el fin de optimizar los tiempos de entrega de los productos hacia el cliente

#### **1.3.02. Objetivos Específicos:**

- Analizar la situación actual de la planta de producción.
- Describir los procesos de elaboración y sus etapas de producción.
- Analizar los posibles problemas etapas de producción de las SE.
- Determinar el tiempo estándar de producción, mediante una evaluación y tomas de tiempo de las operaciones realizadas.
- Evaluar la capacidad productiva
- Búsqueda de mecanismos, herramientas y/o metodologías a implementar.
- Implementación y control de las herramientas que permiten la disminución de tiempos en el área de producción.
- Proponer y Diseñar un modelo para la planificación de la producción adaptado a las necesidades de la empresa.
- Establecer un método para la evaluación del modelo de planificación de la producción.
- Determinar las oportunidades de mejora en los procesos.
- Realizar la viabilidad económica del proyecto.

### **1.4. Mejoras a las que se pretende llegar**

En este trabajo se pretende identificar los problemas que se generan en la construcción de SE, y a su vez, a medida que se identifiquen, solucionarlos de la mejor manera posible. Para ello, se realizara un diagnóstico de la situación actual de la empresa y descripción de los procesos que se realizan para llevar a cabo el proyecto de fabricación de SE. Definir los tiempos estándar y reales de construcción, para mejorar la problemática de la

organización, y las condiciones de trabajo con el fin de disminuir los turnos que hoy en día la organización tiene.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, nuestro enfoque se encuentra en mejorar los procesos y definir los tiempos que son necesarios para la fabricación de estos productos.

## **1.5. Metodología**

La presente memoria desarrollada, comprenderá tres importantes fases para su elaboración, tales como:

Fase 1: El desarrollo de diagnóstico operacional de la empresa

Estas fases consisten en hacer un levantamiento de información, con el fin de identificar la situación actual de la empresa. En ella se realiza un análisis de como vienen las próximas demandas materiales, problemas generados normalmente. Este análisis se realiza mediante entrevistas basadas en conversaciones con las personas de cada una de las áreas o procedimientos que involucran la construcción de una sala eléctrica, además de observaciones que se realizan en las visitas a la planta donde se desarrollan los procesos productivos.

Fase 2: Marco teórico:

En esta fase se detalla el material y los conceptos que son necesarios para entender para desarrollar una solución óptima a la problemática existente, y los aspectos teóricos que se necesitan para solucionar de manera conceptual la problemática planteada.

Fase 3: Análisis de la situación actual de la organización.

En esta etapa se desarrollará un análisis de la organización y los tiempos productivos de éstas, cuya información será recolectada en base a la etapa de diagnóstico y búsqueda de información en la misma.

- a) Análisis y evaluación en base a los tiempos generados y recolectados en la etapa de diagnóstico.

- b) Generación de un modelo de simulación en base a los tiempos de producción.
- c) Análisis de la simulación del modelo.

#### Fase 4: implementación de las herramientas seleccionadas

- a) Implementación de las herramientas y metodologías seleccionadas.
- b) Simulación de los nuevos procedimientos.
- c) Medición de indicadores
- d) Resultados.

Es de gran importancia tener un conocimiento detallado y amplio de todos los procedimientos que la empresa realiza, al igual que las políticas que esta tiene. Es importante conocer la variedad de productos que la organización ofrece al mercado y en los cuales se basa su trabajo de fabricación y construcción de salas eléctricas. La materia prima es un factor determinante al momento de la planificación, ya que esta debe estar disponible en momentos oportunos, con el fin de evitar demoras de entregas en el producto final, para ello se deberá analizar la situación actual de la empresa, enfocada en la entrega de materiales.

Existen otros factores que serán mencionados y analizados de gran relevancia, tales como:

- Análisis de los procesos Productivos, se analizarán cada uno de los procedimientos que agregan valor para la construcción de la sala eléctrica y los cuales influyen directamente en el producto final.
- Layout de la empresa, se analizará la el lugar de construcción de las salas eléctricas para identificar la disponibilidad física y espacio suficiente para la construcción de salas eléctricas.
- Personal autorizada para ciertos procesos y cuadrillas de trabajo, se analizará la cantidad de personas que trabajan en cada proceso así como también los recursos que utilizan para la producción. .

El fin fundamental de conocer estos puntos, es ayudar a tener una idea clara de lo que la empresa realiza, sus formas de trabajo y tiempos empleados por actividad, las que serán favorables para ayudar a identificar los problemas que pueden existir en la empresa y que en primera instancia pueden tener relación con alguna de las actividades encontradas.

Una de las etapas fundamentales del sistema de planificación de la producción, Son los tiempos de construcción que se consideran en la planificación, también los tiempos reales que se generan en cada uno de los procesos, las maquinarias a utilizar, la mano de obra para cada procedimiento, todos estos procesos involucrados de manera directa en la construcción de una sala eléctrica nos permitirá entender el funcionamiento del área de planificación de la producción de salas, quienes son los primeros en pronosticar la demora de cada proyecto.

## 1.6. Situación Actual de la empresa

Para comenzar se debe entender el funcionamiento de la empresa, cómo se realizan la construcción y cuáles son los procesos que se realizan para fabricar el producto a estudio. De acuerdo a eso, el objetivo principal para lograr conocer el comportamiento de la organización, se debe realizar un análisis de la empresa que nos permita dar una comprensión de su origen de formación, cual es la razón de ser de la organización y de es lo que realiza en la actualidad.

El análisis permite evaluar la información del proceso productivo que se lleva a cabo actualmente y saber cuál es la capacidad de sus productos.

### Descripción de la empresa

Rolec es una empresa fundada en la década de los 30 con el nombre de Rodríguez, Lecaros y cía. por Eleodoro Rodríguez Matte y Fernando Lecaros Izquierdo, quienes se encontraban dedicados a las instalaciones eléctricas y calefacción. Entre los años 40 y 50 se convirtieron en empresas líderes y con motivos de crecimiento ampliaron su negocio introduciéndose en las importaciones e incorporando artículos de línea blanca. Tiempo más tarde se incorporó el departamento técnico para comercializar productos para comando y control electrónico, siendo en 1964 cuando nace Rolec S.A.C. 2 años después se construyó la primera fábrica de tableros eléctricos en la comuna de Macul sobre una superficie de 1500 m<sup>2</sup>. Más tarde se convirtió en distribuidora de interruptores automáticos representando a Westinghouse, se creó el departamento de iluminación y se trasladó el área de ingeniería a la Florida a una superficie de 3500 m<sup>2</sup> en donde se fabricaron los primeros equipos de baja tensión y subestaciones móviles orientados a la minería. Actualmente se encuentra ubicada en panamericana norte Km 15 ½ en una superficie de 50.000 m<sup>2</sup>.

Rolec es una empresa cuya actividad esta insertada en las áreas comercial, productiva y de ingeniería, desde hace seis décadas y su sector económico se divide en:

**Sector Comercial:** comercializa más de 2.000 productos los que se componen en sistemas de control, equipamiento y componentes eléctricos orientados a manejar la electricidad. Estos elementos a comercializar van desde accesorios como una luz piloto

hasta equipos de media tensión entre otros, los cuales están autorizados para la distribución oficial por fabricante extranjero de marca CutlerHummer.

**Sector Industrial:** Su función es la de fabricar bajo estrictos estándares de calidad todo tipo de elemento que almacene los equipos eléctricos adquiridos por los clientes a Rolec destinados al control y distribución de la energía eléctrica en sistemas de hasta 36Kv, entre estos elementos se encuentran los tableros metálicos (cajas), gabinetes metálicos y SE (tipo container), estos son diseñados, fabricados y testeados en esta área.

**Sector de Servicios:** entrega soluciones a los clientes en terreno, su gama de servicios es desde una asistencia telefónica hasta visitas técnicas a terreno. Entregan cobertura a todo el país.

Los principales clientes de Rolec se encuentran principalmente en el área de la Minería; Celulosa e Industrial, los cuales presentan una solvente administración y su cobertura es en todo Chile centrados en Calama, Antofagasta, Santiago (casa matriz) y concepción.

Figura 1.1 Cobertura

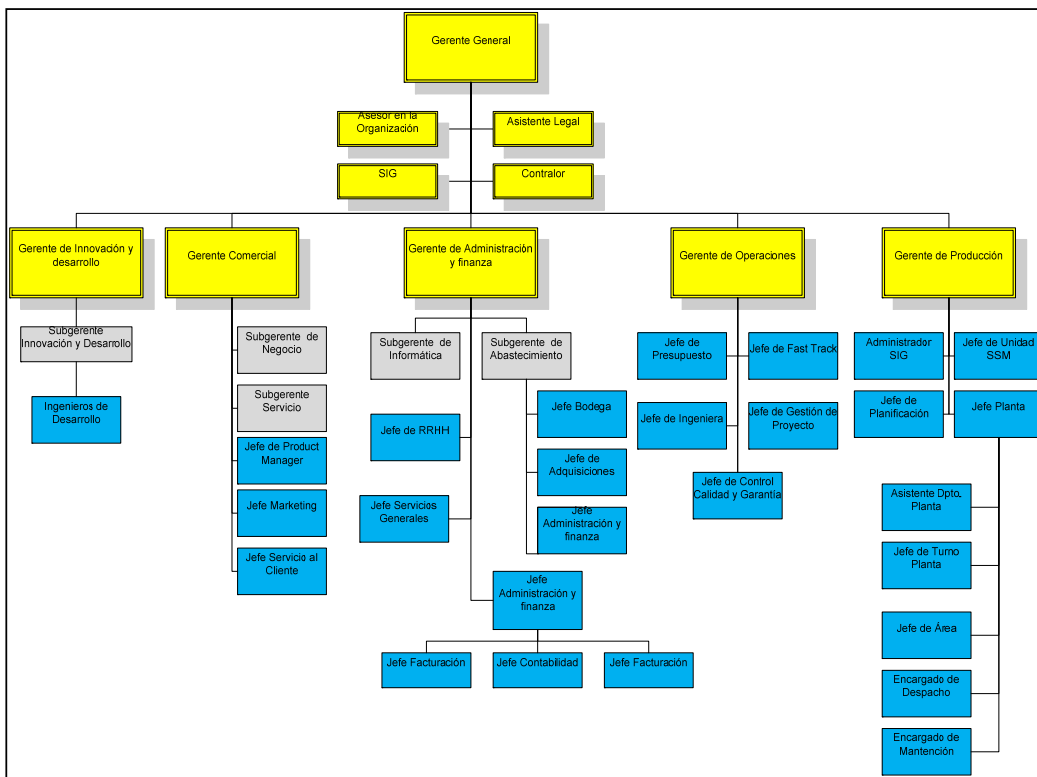


Fuente: Proporcionado por Marketing

## 1.7. Organigrama

La Compañía es dirigida por el Gerente General quien es uno de los dueños de la empresa, él es el encargado de dirigir las acciones a nivel nacional, en directa ayuda con los Gerentes que están a cargo de las áreas importantes de la empresa, tal como lo muestra la figura 1.3.

Figura 1.2 Organigrama de la Empresa.



Fuente: Organigrama Administrativo de ROLEC S.A.

Cada área trabaja de una manera integrada, de forma que en conjunto estén orientadas a los objetivos de la empresa, y los objetivos de calidad definidas en el SGC.

Esta estructura ha permanecido durante años y ha permitido el correcto flujo de información entre las diferentes áreas de la compañía junto a sus subniveles logrando tener una buena toma de decisiones dentro del negocio, sin ocasionar graves problemas.

## 1.8. Descripción del Producto

Podemos definir a una SE como una sub-estación, que se puede transportar, utilizada para la distribución de energía eléctrica en media y alta tensión. La mayoría de estas salas son usadas en la minería y en compañías eléctricas de proyectos de distribución, control y protección de generación y transformación de energía eléctrica.

De acuerdo al catálogo de productos que es utilizado hoy por la empresa, define a una sala eléctrica como: *“Las Salas Eléctricas Rolec S.A. son estructuras modulares, construidas y diseñadas de acuerdo a los más altos estándares nacionales e internacionales para entregar equipamiento de Control, Distribución, Supervisión de sistemas eléctricos, Generación, Transformación, Comunicaciones e Instrumentación. Nuestros diseños cuentan con las aprobaciones y certificaciones necesarias para su emplazamiento en obra, en base a un plan de aseguramiento de calidad conforme a norma ISO9000”*<sup>3</sup>

La empresa fabrica sala que se construye en las dependencias de la empresa, la cual se construye en base a los requerimientos de los distintos clientes que tiene la organización.

Las SE cuenta con características de alta complejidad como su estructura de un 100% metálica, ya que se encuentra cubierta con planchas de fierro de alta resistencia, un piso totalmente preparado para anclar las celdas de tensión baja y media junto al equipamiento que esta requiere, según las necesidades de construcción del cliente. Podemos decir que cuenta con aislantes térmicos y acústicos y el equipamiento de una SE cuenta con:

- Celdas de media y baja tensión
- Tableros eléctricos de media y baja tensión (TBT)
- Tablero general (TG)
- Tablero general auxiliar (TGAUX)
- Tablero de Distribución, Alumbrado y Fuerza (TDAYF)
- Tablero de Computación (TDCOM)
- Tablero de Clima (TDC)

---

<sup>3</sup> Catalogo Rolec CAP 3

- Tablero de Control (TCL)
- Partidores de MT (modelo Ampgard)
- Centro de distribución de carga
- Banco de condensadores
- Switchgear MT (modelo Vacclad-W)
- Sistemas de iluminación interior y exterior
- Sistemas de alarmas de fuego (RF 60, 60 y 120)

Estos productos se encuentran comúnmente en las salas eléctricas y se ingresan en la etapa de montaje.

## 1.9. Análisis de la demanda

En Rolec las estimaciones de las ventas de SE que se realizan en Rolec se basan fundamentalmente en las inversiones que existen en el país, su mercado se centra en los sectores Forestales, Mineros, industrial y construcción como ya se ha mencionado anteriormente.

Según la Corporación de Bienes Captales las inversiones para los próximos años, tanto en inversión privada y estatal, son las siguientes:

Tabla 1.3 Estimación de inversión nacional proyectos privados periodo 2011-2015 (USD Millones).

| SECTOR               | AÑOS          |               |               |               |              | TOTAL         |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
|                      | 2011          | 2012          | 2013          | 2014          | 2015         |               |
| Energía              | 3.513         | 6.164         | 3.731         | 3.114         | 2.100        | 18.622        |
| Forestal             | 333           | 32            | 0             | 0             | 0            | 365           |
| Industrial           | 831           | 577           | 159           | 148           | 35           | 1.751         |
| Inmobiliario         | 2.592         | 2.427         | 1.574         | 1.365         | 1.248        | 9.205         |
| Minería              | 4.355         | 6.192         | 7.325         | 6.613         | 3.950        | 28.434        |
| Obras Públicas       | 1.006         | 1.513         | 1.535         | 990           | 1.510        | 6.554         |
| Otros                | 176           | 162           | 152           | 109           | 119          | 718           |
| Puertos              | 141           | 562           | 573           | 15            | 0            | 1.291         |
| <b>Total general</b> | <b>12.947</b> | <b>17.629</b> | <b>15.050</b> | <b>12.353</b> | <b>8.962</b> | <b>66.941</b> |

Fuente: Corporación de bienes de capital CBC.

Gráfico 1.1 Distribución sectorial de la inversión a materializar quinquenio 2011-2015.



Fuente: Corporación de bienes de capital CBC.

Aquí se segmenta porcentualmente la inversión en los proyectos para el periodo 2011-2015.

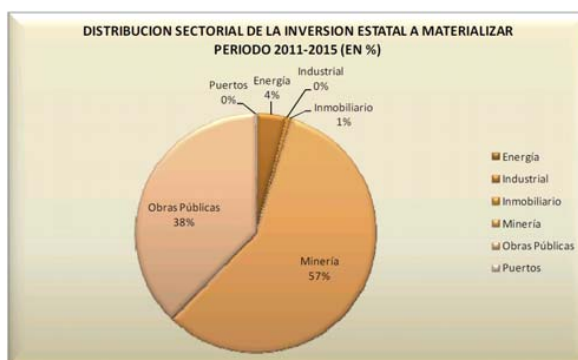
En tanto en el las inversiones estatales en el periodo 2011-2015 se proyecta centradamente en el sector minería, energía y obras públicas.

Tabla 1.4 Estimación de inversión Internacional proyectos estatales periodo 2011-2015 (USD Millones).

| SECTOR               | 2011         | 2012         | 2013         | 2014         | 2015         | TOTAL         |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Energía              | 27           | 85           | 309          | 202          | 97           | 721           |
| Industrial           | 11           | 0            | 0            | 0            | 0            | 11            |
| Inmobiliario         | 9            | 50           | 43           | 14           | 0            | 116           |
| Minería              | 1.546        | 1.573        | 2.028        | 2.461        | 2.544        | 10.152        |
| Obras Públicas       | 884          | 1.166        | 1.646        | 1.776        | 1.158        | 6.631         |
| Puertos              | 5            | 14           | 0            | 0            | 0            | 19            |
| <b>Total Estatal</b> | <b>2.483</b> | <b>2.888</b> | <b>4.026</b> | <b>4.453</b> | <b>3.799</b> | <b>17.650</b> |

Fuente: Corporación de bienes de capital CBC.

Gráfico 1.2 Distribución Sectorial de la inversión estatal según periodo 2011-2015.



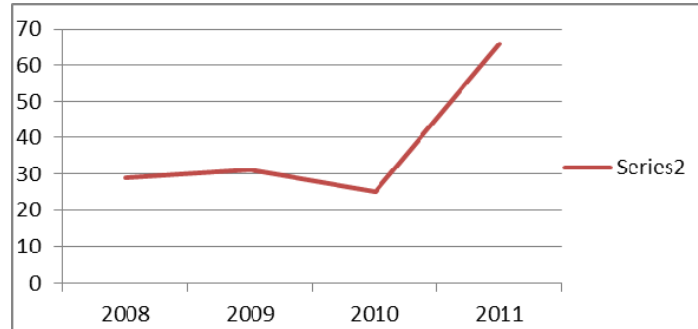
Fuente: Corporación de bienes de capital CBC.

Al realizar un contraste entre el sector privado y estatal es que el 70% v/s 61% que en total se proyectan alrededor de unos US\$ 57.000 millones aproximadamente.

El 90% de los clientes pertenecen a los sectores anteriormente señalados, y que ha realizado un aumento considerablemente en las ventas de proyectos. Considerando que el porcentaje de adjudicación de estos proyectos es alrededor de 0,8 al 1 %.

Respecto a las SE, Rolec se ha dedicado a la fabricación de salas desde 1991 y ha ido incrementando cada vez más al paso del tiempo. Las cantidades vendidas en los años han ido aumentando considerablemente, durante el año 2008 al 2011 la cantidad aumento el doble. Esto se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico 1.3 Cantidad por unidades de ventas de SE por años



Fuente: Elaboración Propia, basado en información entregada por Presupuesto

Con respecto a los metros cuadrados ha ido aumentando a través de tiempo según lo mencionado anteriormente, por medio de inversiones nacionales y estatales. Además, es importante mencionar que en el desarrollo de la memoria no se pretende calcular la demanda futura de construcción de salas eléctricas, solo se centra en la disminución de tiempos y mejora en la producción de esta.

Tabla 1.5 Metros Cuadrado (m<sup>2</sup>) de salas ganados por año.

| Medida\ año    | 2009       | 2010       | 2011        |
|----------------|------------|------------|-------------|
| m <sup>2</sup> | 112688,218 | 33630,2225 | 1258724,491 |

Fuente: Elaboración Propia en base a Proyectos Ganados

Para más detalles ver anexo Excel "Anexo Problemáticas y análisis de tiempo" Hoja 1  
Venta

## **1.10. Procesos**

La filosofía de producción está orientada a procesos, que se determinan en su etapa inicial cuando se gestiona el proyecto. Las etapas del proceso de esta licitación se encuentran a cargo del área comercial, en el cual se entrega una propuesta formal de la solicitud del cliente. Una vez ganada esta licitación, el grupo de ingeniería está a cargo del diseño de la SE, cumpliendo con los requerimientos indicados por el cliente. La tercera etapa es la de fabricación de las partes que componen una SE, para luego llevarlas a la cuarta etapa de montaje.

Como se detalló anteriormente Rolec posee una filosofía orientada a procesos, lo que significa que su producto se caracteriza por ser distinto entre uno y otro, o muy variado, pero existen similitudes de tamaños o estructuras que sirven para identificar el tiempo que se necesita para realizar el trabajo y los materiales a utilizar para el proyecto.

El área de Planificación se encuentra enfocada, principalmente, a verificar la disponibilidad de los recursos que se encuentra en un horizonte momentáneo en el cual se encuentra el proyecto. Los recursos que maneja son de espacio, mano de obra, maquinaria, etc. Una vez ganada la licitación el planificador debe programar las tareas que se llevarán a cabo para la realización del proyecto mediante un cronograma que representa el desarrollo del Proyecto en tiempo. Esta debe incluir fechas de desarrollo y entrega de proyecto. Además de eso, el planificador es el encargado de realizar el seguimiento y control de las etapas que se realicen para el desarrollo del proyecto, tomando en cuenta todas las áreas, desde el inicio, hasta el término o fecha de entrega, con el objeto de cumplir las fechas estimadas al inicio del proyecto.

Uno de los factores de mayor importancia en el momento de realizar la planificación en la organización es el espacio en donde se deben fabricar las distintas SE. La organización posee limitación de espacio para poder fabricar, al igual que de maquinaria y mano de obra. Además la mano de obra es especializada lo que hace más complicado el proceso de subcontratación y se hace más difícil una mejor planeación del proyecto a desarrollar, si se desea subcontratar para que se cumpla con la calidad necesaria acorde a los productos de la empresa.

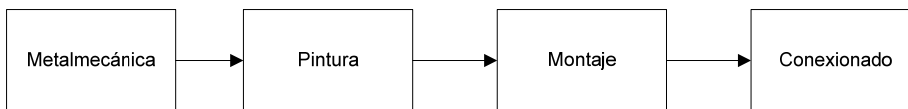
Los primeros pasos que se deben realizar ya entrada la OT es la elaboración de los planos y memorias del proyecto. Estas son desarrolladas por el área de ingeniería ya nombrada anteriormente, la cual su función es realizar de forma detallada las especificaciones de la estructura que se tenga que construir. Las memorias y planos son desarrolladas por Ingenieros eléctricos y estructurales. Estas van destinadas al cliente, certificando que se está cumpliendo con las especificaciones que desea el cliente, y a su vez los planos desarrollados son entregados a fábrica para la construcción (metalmecánica, los planos estructurales y ha conexionado los planos eléctricos respectivamente). Normalmente, en el momento de fabricación los maestros a cargo encuentran errores tales como: salta de una cota, o especificación de un material, la cual es informada al departamento de ingeniería para la corrección de este y que cumpla con los estándares de calidad propuestos por la compañía. Como se encuentra establecido, un error en los planos produce un alrededor de 3 días de retraso por motivo de identificación del problema y de la corrección por parte de ingeniería.

#### Proceso de fabricación

Una vez entregada los planos a las personas responsables son asignados los equipos para realizar el trabajo en las etapas correspondientes.

El proceso se puede resumir en varias etapas, las que se encuentran especificadas para el desarrollo de una SE. Estas etapas son las de metalmecánica, pintura, montaje y conexionado. Ver anexo 1.

Figura 1.3 Proceso Productivo



Fuente: Elaboración Propia

**Metalmecánica:** comprende los procesos de cortes de las planchas de acero y de los perfiles, punzonado, plegado de las planchas, se realiza el Patín, Paredes y techo de la estructura. Los procesos que se desarrollan en la planta y que corresponden a Metalmecánica se subdividen en:

- a) **Guillotina:** Este proceso consiste en cortar mediante una maquina llamada guillotina las planchas de acero. Con esta máquina se cortan las pañoletas (paredes de las SE)
- b) **Punzonado:** Es el proceso de dimensionado y perforación de piezas el que es realizado por una Máquina punzonadora de Control Numérico. Este proceso es ejecutado si el producto a fábrica lo requiere. En este proceso se revisa que la cantidad de piezas indicadas en los programas sean las mismas que las fabricadas; se separan por tipo de piezas y el Número de orden al que están asociados. El operador de la máquina procede de acuerdo al orden de prioridades entregadas por el departamento de planificación informando a este, el nivel de avance de la ejecución de los programas y cualquier anomalía detectada en esta parte del proceso.
- c) **Plegado:** Es el proceso que se efectúa plegando las piezas cortadas mediante una máquina plegadora de control numérico. Este proceso es ejecutado si el producto a fabricar lo requiere. En este proceso se revisa que la cantidad de piezas y pliegues solicitados estén de acuerdo a los indicados en los programas, informando al supervisor de área cualquier anomalía detectada. Una vez terminado el proceso se deben separar por tipo de piezas y el Número de orden al que están asociados, para continuar con el proceso que corresponda.
- d) **Armado:** Es el proceso en el cual las piezas previamente punzonadas y plegadas son unidas mediante soldadura. Este proceso puede ser antes o después del proceso de pintura dependiendo del equipo a fabricar.

Posterior a este proceso, Control Calidad efectúa una inspección de acuerdo a los instructivos asociados al proceso.

**Pintura:** El proceso de pintura es aquel, donde una vez terminada la estructura se pinta para que el metal no quede expuesto al ambiente y permita la corrosión en ella.

El proceso de pintura, es realizado por proveedores externos y además se efectúa internamente cuando se trata de equipos de gran tamaño o cuando es requerido, dentro de las pinturas más utilizadas en la construcción de salas tenemos:

- Pintura Electroestática
- Pintura y Arenado

Posterior este proceso, Control Calidad efectúa una inspección de acuerdo a los instructivos asociados al proceso. Ver anexo 2

**Montaje:** es el proceso en el que se unen las estructuras y se montan de acuerdo a los equipos que se integraran dentro de la estructura. Los equipos que habitualmente se montan son:

- Celda Desconectadora
- Centro control de motores (CCM) (BT)
- Centro de Distribución de cargas (CDC)
- Ductos de Barra
- Partidor Ampgard
- Montaje de SE
- Tablero de Baja tensión (TBT)
- VCP 15KV, 27KV, 38KV
- Barras de Cobre
- Ver Anexo 3.

**Conexionado:** es el proceso en el cual son interconectados los circuitos según el tipo de equipos, como por ejemplo los que fueron mencionados anteriormente, para luego ser enviado a control de calidad y ser entregado al cliente.

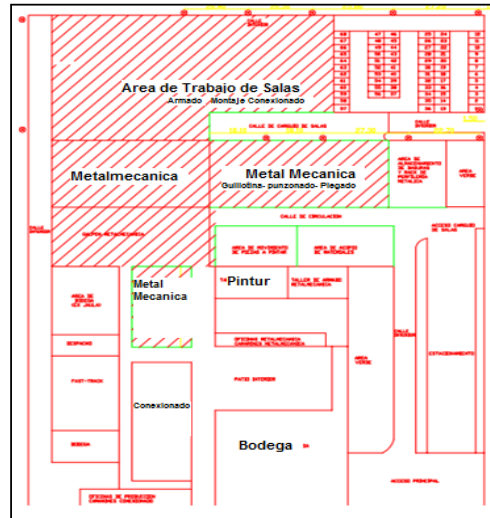
**Levantamiento:** luego de realizar todos los procesos anteriores, se procede a realizar el levantamiento de los equipos montados, esto permite ver si la S.E. se encuentra en perfecto funcionamiento para que no exista ninguna falla en el proceso de puesta en marcha, realizado en las dependencias del cliente.

Una vez desarrollado cada uno de los procedimientos mencionados con anterioridad se puede obtener como resultado una sala eléctrica, que debe ser distribuida al cliente dependiendo del lugar que fue solicitada.

Por otro lado es importante desatacar que la capacidad de la planta está definida según la superficie que posee. La superficie cuenta con 10048 m<sup>2</sup> para la fabricación y el lugar de fabricación es definido según el proyecto que ingresa a fábrica y de las dimensiones que presente la estructura solicitada.

. En la figura 1.4 se muestra la distribución de la planta

Figura 1.4 Distribución de la planta



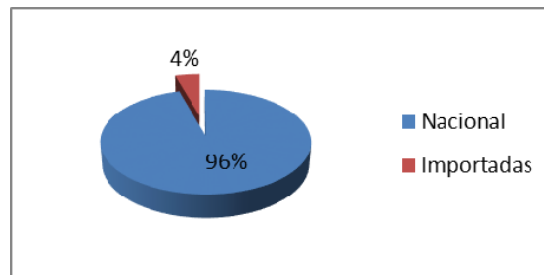
Fuente: Mapa de patio Rolec.S.A

## 1.11. Materiales

Los atrasos ya sea en la entrega de materiales, en la construcción, o en el movimiento de la construcción, producen un desfase en la planificación.

Los materiales que se necesitan para fabricar una SE son aproximadamente 114, la mayoría son de compra nacional, mientras que algunos productos específicos son importados. En la figura 1.5 se muestra de manera porcentual las materias primas nacionales e importadas.

Gráfico 1.4 Porcentaje de materias Primas importadas



Fuente: Elaboración Propia

Las materias primas se adquieren en el mercado nacional y tiene un tiempo de 1 a 6 semanas, mientras que las importaciones son de 7 a 13 semanas. Sin contar posibles retrasos.

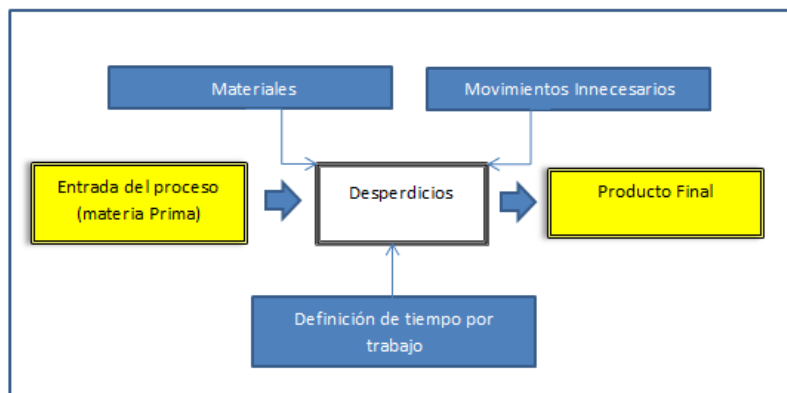
En anexo 2 se detallan los costos de los materiales junto con los tiempos de entrega respectivos de la importación y compras nacionales.

## 1.12. Problemas

A través de diversas observaciones hechas en la planta y entrevistas personales por medio de conversaciones con los operarios de la planta, con el fin de encontrar las principales problemáticas de estas demoras en la producción de las SE, se han identificado algunas problemas puntuales en diversos procesos.

También se identificaron una serie de desperdicios en la empresa, ya sea en el caso de material que no es utilizado y es almacenado por parte de los operadores en cualquier lugar que se encuentre desocupado lo que lleva a la mala organización y distribución de los lugares de trabajo. Las operaciones se realizan de manera errada y no según los estándares de calidad que la organización posee, y esto se torna habitual en la organización que gerencia muestra poco interés en estos problemas.

Figura 1.5 Desperdicios



Fuente: Elaboración Propia.

Las problemáticas encontradas fueron las siguientes:

### En planificación:

- Se manejan tiempos tomados hace 10 años atrás.
- Se ha paralizado la producción por falta de materia Prima local en proceso de punzonado y plegado por falta de revisión del material.
- Plazos de entrega incumplidos según tiempos entregados por el proveedor, muchas veces el proveedor entrega fechas la cuales no se cumple por problemas en su planta o demanda del mismo producto.

- Mala utilización de los recursos Humanos (generan 3 turnos)

**Producción:**

- No existen puestos de trabajo fijos ya que se arman en el lugar que se encuentre disponible.
- No se respeta los grupos de trabajo respectivos
- El personal muchas veces detiene el proceso productivo por falta de material o insumo que es necesario para la fabricación de la SE.
- Desperdicio de tiempo en el traslado de material a los puestos en donde se está trabajando.
- Los grupos o cuadrillas se mueven de un lugar a otro generándose un descontrol por parte de los trabajadores.
- Demasiado tiempo improductivo por parte de los equipos de trabajo
- Poco control en los trabajos realizados en planta y descuido en la manipulación de las materias prima.
- Desperdicio de material, el material no es utilizado por completo lo que genera grandes cantidades de despuntes mensuales

**Ingeniería:**

- Demora en la entrega de los planos.
- Demasiadas correcciones en planos que se envían a desarrollar a fuera.

Las problemáticas encontradas serán evaluadas con mayor énfasis en el capítulo 3.

## **2. Capítulo 2: Marco Teórico**

### **2.1. Introducción**

En este capítulo se definirá las herramientas que serán utilizadas para el desarrollo y solución del problema que presenta ROLEC, con el fin de obtener el mejor apoyo posible para el desarrollo de la planificación.

### **2.2. Marco Teórico**

#### **2.2.01. Planificación.**

La planificación es un proceso continuo que experimenta cambios del ambiente, en base a cada organización, el cual busca adaptarse a ellos. La planificación cumple dos propósitos principales en las organizaciones: el protector y el afirmativo. El propósito protector se refiere a minimizar el riesgo, disminuyendo la incertidumbre que envuelve al mundo de los negocios y definiendo las consecuencias de una acción administrativa determinada. En Cuanto al propósito afirmativo de la planificación, se basa en elevar los niveles de éxito de la organización. También podemos agregar un propósito adicional de la planificación, que corresponde a la coordinación de los esfuerzos y recursos dentro de las organizaciones. Se habla de que la planificación es la encargada de unir y/o enlazar las actividades de la organización, la dirección y control. Por otro lado, se puede considerar a la planificación como el pilar fundamental de una edificación imponente, del cual nacen las siguientes estructuras como la organización, la dirección y el control. Pero más importante aún, el propósito fundamental de la planificación es facilitar a las empresas u organizaciones el logro de sus objetivos. Es importante tomar en cuenta la naturaleza del ámbito futuro en el cual deberán ejecutarse las acciones planificadas. Uno de los resultados más significativos del proceso de planificación es una estrategia para la organización.

#### **2.2.02. La planificación y sus primeras perspectivas.**

La planificación o planeación fue establecido por Henri Fayol como uno de los procesos administrativos, en su teoría clásica de la Administración, en el cual definió al proceso administrativo como la planificación, organización, dirección, control y coordinación.

Durante la historia de la administración, existieron muchas definiciones para la planificación. Según Fayol (Chiavenato, 1995), la planificación *“implica la evaluación del futuro y la previsión en función de él. Unidad, Continuidad, Flexibilidad y valoración son los aspectos principales de un buen plan de acción”*.

Ahora si nos remontamos a los orígenes de la planificación, se puede observar que su aparición por primera vez fue en Rathenau (1918), citada por Urwich y Brech (1984), los que dicen: *“todo el que está familiarizado con la industria apreciará la enorme ventaja que se obtiene de un análisis de las necesidades, si es posible, para todo el año. Cuando uno conoce, a intervalos regulares la cantidad y la actualidad de los carriles, hilado, cadena [ ] que será demandada, es posible redactar programas de alto alcance para fabricar y distribuir el trabajo, con el resultado de que todas las fábricas trabaj (Chiavenato, 1995)en permanentemente a pleno rendimiento, la producción se abarate enormemente, que no sean necesarios por más tiempo los grandes almacenes [ ] y que, en general, aumente la eficiencia”*.

Por lo tanto, se trata de prever anticipadamente las necesidades de recurso para que la toma de decisiones sean de forma adecuada y en el momento oportuno, y que dichos recursos sean obtenidos a su debido tiempo generando una mejor eficiencia en los procesos.

Koontz O'Donnell en conjunto con Terry están de acuerdo con los planteamientos de Fayol al momento de decir que la previsión es la base de la planeación. Los primeros consideran la planeación como *“una función administrativa que consiste en seleccionar entre diversas alternativas los objetivos, las políticas y los procedimientos y los programas de una empresa”*.<sup>4</sup>

Definen la planeación es el lazo que une el donde nos encontramos y donde queremos ir. Es un proceso netamente intelectual, es la determinación consciente de las vías de acción.

Para estos autores la forma más básica de las funciones administrativas es la planeación, ya que esta requiere de una definición previa de los objetivos a los cuales la

---

<sup>4</sup> KOONTZ, Harold y O'DONELL CIRIL, Welhrich. Administración. México: Editorial Mc Graw and Hill. 1985.

organización busca llegar, las descripciones de cada una de las acciones que se realizarán para poder lograr los objetivos, en donde se presentará una toma de decisiones constante durante el proceso frente a los diversos programas de acción que se pueden dar.

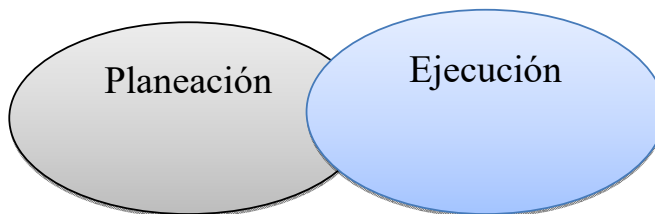
Ahora bien, hemos observado que el término planificación no es algo que solo se utilice en la actualidad, sino que se viene formulando o interpretando por diferentes autores a lo largo de la historia de la administración. Ya hemos conocido la definición de Fayol como padre de la administración científica, pero a continuación daremos a conocer distintas definiciones expuestas por varios autores a lo largo de la historia sobre la planeación.

- (Stoner, 1996): *"Es el proceso de establecer metas y elegir medios para alcanzar dichas metas"*.
- (Goodstein, 1998): *"Es el proceso de establecer objetivos y escoger el medio más apropiado para el logro de los mismos antes de emprender la acción"*.
- (Ackoff, 1981): *"La planificación... se anticipa a la toma de decisiones. Es un proceso de decidir... antes de que se requiera la acción"*.
- (Murdick, 1994): *"Consiste en decidir con anticipación lo que hay que hacer, quién tiene que hacerlo, y cómo deberá hacerse"*. Se rige como puente entre el punto en que nos encontramos y aquel donde queremos ir.
- (Cortés, 1998): *"Es el proceso de definir el curso de acción y los procedimientos requeridos para alcanzar los objetivos y metas. El plan establece lo que hay que hacer para llegar al estado final deseado"*.
- (Jiménez, 1982): *"Es el proceso consciente de selección y desarrollo del mejor curso de acción para lograr el objetivo"*. Implica conocer el objetivo, evaluar la situación, considerar diferentes acciones que puedan realizarse y escoger la mejor. "La planificación es un proceso de toma de decisiones para alcanzar un futuro deseado, teniendo en cuenta la situación actual y los factores internos y externos que pueden influir en el logro de los objetivos".

- (Terry,1987): *"Es el proceso de seleccionar información y hacer suposiciones respecto al futuro para formular las actividades necesarias para realizar los objetivos organizacionales"*.

La planificación, según interpretan algunos autores tiene una interrelación importante con la ejecución, pero que actúan en formas separadas al momento de analizarlas.

Figura 2.1 La planificación y la Ejecución



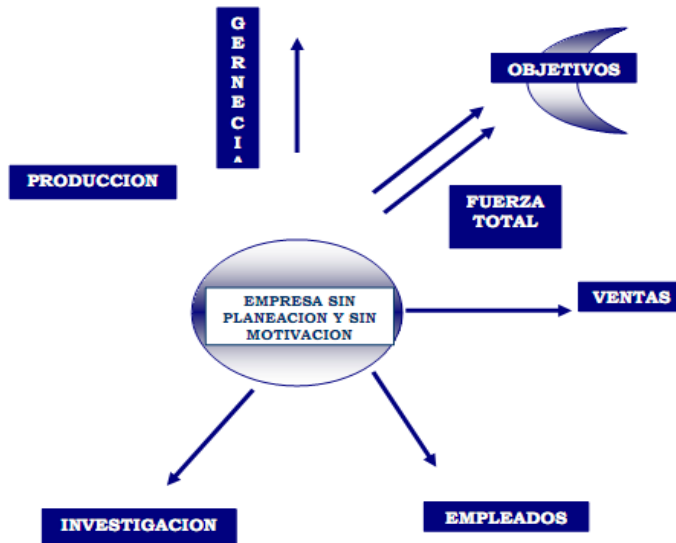
Fuente: Elaboración Propia.

La planificación entonces será toda aquella actividad que se encuentre relacionada por medio de un sistema la cual debe ser necesariamente ejecutada por este. Es por ello que podemos mencionar la importancia de la planificación, por que ayuda a una mejor ejecución de las actividades, de manera más organizada y controlada.

La planeación es el camino, la guía para alcanzar los objetivos deseados de la organización, es la orientación para no perder el objetivo, es el camino visible que nace de la previsión con el fin de alcanzar metas.

En la siguiente figura podemos ver de manera general como es la interacción que existe entre la empresa, la planeación y la motivación, vemos que existe un desfase entre éstas, ya que los caminos o las direcciones son distintas a los objetivos de la organización.

Figura 2.2 Interacciones entre la empresa, planeación y motivación.



Fuente: Chiavenato, I. (1995). Introducción a la teoría general de la administración. Mexico: mc graw hill.

Si la planeación se viera de una perspectiva más ordenada, y en donde la empresa, las motivaciones de los trabajadores y la planeación en sí, tendría un diseño distinto, ya que ahora todas las áreas actuarían luego de una planificación, en donde está entrega el camino para alcanzar los objetivos deseados. Según la siguiente figura se puede representar de una mejor manera

Figura 2.3 Interacciones entre la empresa, planeación y motivación.



Fuente: Chiavenato, I. (1995). Introducción a la teoría general de la administración. Mexico: mc graw hill.

### 2.2.03. Definición de Planificación

Para que una organización pueda alcanzar la misión y visión de esta y que pueda cumplir con sus objetivos y metas del corto y largo plazo, indiscutiblemente debe realizar un proceso de planificación, el cual debe garantizar a esta organización el cumplimiento de ellas, en donde los procesos deben ser coherentes, sistemáticos y con un enlace entre los distintos niveles jerárquicos de la organización.

La planificación es aquella que busca definir a su vez la estructura de la organización que más se adecúe a la estrategia que adoptará la empresa, sus objetivos planteados y los niveles en los cuales el entorno socioeconómico va cambiando a través del tiempo.

*“La planeación es un proceso que comienza con el establecimiento de objetivos; define estrategias, políticas y planes detallados para lograrlos, es lo que establece una organización para poner en práctica las decisiones, he incluye una revisión del desempeño y retroalimentación para introducir un nuevo ciclo de planeación”.*

GEORGE A. STEINER. Tomado de Management Planning Londres: the Macmillan Company 1969.

#### **2.2.04. La Previsión y Planeación**

Como se ha mencionado con anterioridad, la previsión juega un papel importante en la planeación, muchos autores han logrado hablar de ella y de la necesidad de prever en las organizaciones para poder alcanzar las metas.

La previsión es la suma de suposiciones o el conjunto de información que ayudan a anticipar acontecimientos futuros dentro de la organización. De acuerdo a H. Fayol la previsión es una parte esencial del gobierno. Prever es el significado de calcular el porvenir y prepararlo. La manifestación principal de la previsión se presenta en el programa de acción. El programa de acción es el resultado que se obtiene de las conductas a seguir, las etapas y medios a emplear, para la puesta en marcha de una organización en un determinado tiempo.

Se puede observar que no existen diferencias notorias entre la planificación y la previsión, pero si puede observar cómo se acoplan por medio del cálculo, a través de la investigación y de los diferentes conocimientos, para poder llegar a cumplir los objetivos de la organización. Se podría concluir que la previsión puede ser el comienzo de la planeación, su base, ya que prever formaría parte de la visión global de del futuro, y planear es la manera en que se desarrollan actividades, para poder construir ese futuro.

#### **2.2.05. Elementos de la Planeación.**

Para poder conseguir planear los procedimientos de una organización, las ventas de un almacén, las clases que se dictarán en la universidad, un proyecto a realizar, etc. Se han destacado cuatro elementos importantes en los ítems anteriores, en donde dichos elementos conforman de manera básica la definición de la planeación.

1. **Objetivos:** Es el comienzo de la planeación, el punto inicial del cual de la planeación, ya que este define e identifica la finalidad hacia la cual deben ser dirigidos los recursos de la organización con el fin de dar cumplimiento a los propósitos que se desean alcanzar.
2. **Plan:** se refiere al conjunto de procedimientos que se realizan con el fin de alcanzar un objetivo deseado.

3. Toma de decisiones: Es el proceso en el cual se debe realizar una elección entre las diferentes opciones que se entregan para una determinada situación dentro de la organización.
4. Previsión: Visualiza el futuro, conjetura lo que va a suceder a través de indicios o señales, es ver con anticipación los posibles acontecimientos que sucederán en el futuro.

### **2.2.06. Finalidad de la planeación**

La finalidad como la intención o voluntad de realizar algo, el fin o la aspiración a la que desea llegar es algo que una organización desea constantemente con el planteamiento de sus objetivos. Este principio tiene estrecha relación con la producción, venta y la distribución de bienes y servicios dentro de la organización, ya que cada uno de estos procedimientos se compone de propósitos, finalidades u objetivos que se deben alcanzar implantados por la organización.

Por otro lado, la planeación tiene como funcionalidad básica ayudar a alcanzar cada uno de los objetivos implantados por la empresa, proporcionando herramientas necesarias para el alcance de estos objetivos.

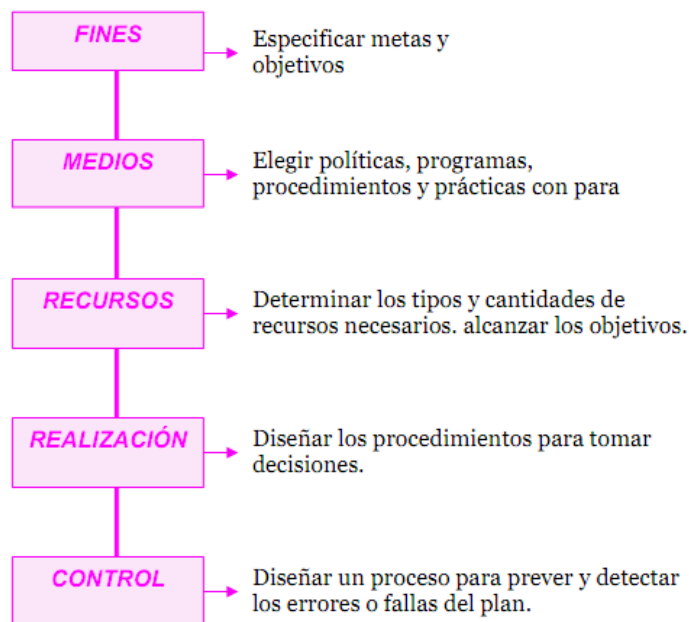
Realizar la planeación dentro de una organización puede ser una tarea ardua y difícil, pero esta es necesaria para el alcance de los objetivos y cumplir con cada uno de los propósitos que se necesiten obtener, ya sea la elevación del nivel de éxito de la organización, generar eficiencia en los procesos que se desarrollan, minimizar el riesgo, aumentar las utilidades, etc.

Para poder planear y desarrollar cada propósito o finalidad es necesario dividir la planeación en diferentes etapas según Russell L. Ackoff. Partes de los procesos de planeación<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup>Figura extraída del Seminario de Teoría Administrativa impartido por la Universidad Nacional de Colombia (vía e-learning)

Figura 2.4 Partes del proceso de planeación



Fuente: Figura extraída del Seminario de Teoría Administrativa impartido por la Universidad Nacional de Colombia (vía e-learnig)

### 2.2.07. Etapas de planificación

Para poder llevar a cabo una planeación es importante tener una estructura definida de procedimientos que se deben conseguir para lograr una planeación deseada, pero aun así, por muy estructurada que se encuentre el plan y por muy metódica que esta sea, en cuanto a su desarrollo, este nunca será un plan definitivo, ya que siempre se encontrará sujeto a revisión. La planeación desarrollada es un informe provisional, debido a que el conjunto de decisiones que están consideradas en el plan pueden ir variando a través del tiempo, o se pueden ir incorporando nuevas decisiones, pero en definitiva cada decisión de cada una de las partes de la planificación debe ser la más importante para el desarrollo final del planeación.

Las partes importantes que componen una planeación están definidas como las siguientes:

1. FINES: es la especificación de los propósitos de la organización, las metas que debe alcanzar.
2. MEDIOS: representa a las políticas, prácticas y programas con que se deben alcanzar los objetivos de la organización.
3. RECURSOS: Corresponde a las capacidades humanas, técnicas y financieras que se requieren para el logro de los objetivos. Se definen los recursos necesarios que se deben adquirir o generar y en que cantidades se debe asignar a cada actividad a realizar.
4. REALIZACIÓN: Es la parte donde se comienza a diseñar el los procedimientos para la toma de decisiones, y al mismo tiempo la forma de que estos procedimientos sean organizados al punto de que se pueda llevar a cabo el cumplimiento de objetivos.
5. CONTROL: Es aquí donde se debe realizar un sistema de control que ayude a prever y detectar cada error que se pueda encontrar en el plan, con el fin de corregir cada uno de estos antes que sucedan.

En definitiva, para poder diseñar una correcta planificación dentro de una organización es importante tener clara cada una de las etapas mencionadas fines, medios, recursos, realización y control, que son la base para el desarrollo de la planificación.

De un punto de vista más general, y dado que a menudo la planificación es tratada como un proceso de toma de decisiones, un plan puede ser definido por las siguientes etapas:

1. Identificación del problema: se define el problema que presenta la organización o área en particular, definiendo las metas y objetivos que se deben alcanzar para dar solución al problema.
2. Desarrollo de Alternativas: se generan posibles alternativas de posibles soluciones que pueden resolver el problema planteado y a la vez alcanzar los objetivos.
3. Elección de la alternativa más conveniente: corresponde básicamente a la toma de decisiones de los participantes involucrados, los cuales deben escoger cual de todas las alternativas es la mejor opción para alcanzar los objetivos planteados.

4. Ejecución del plan: es el proceso en el cual se desarrolla el plan escogido.

Figura 2.5 Etapas de la planificación de acuerdo a la toma de decisiones



Fuente: Elaboración Propia

### **2.2.08. Planificación de la producción**

En la actualidad podemos hablar de un gran número de planeaciones, pero todas ellas regidas por el mismo principio y estructuras de la planeación, en la cual cada una de ellas actúa con el fin de alcanzar los objetivos propuestos.

Dentro de la organización u empresa la planificación proporciona marco de referencia a la toma de decisiones, de la cual obtiene resultados generando una clara conexión entre los procesos de estrategia organizacionales y estrategias operativas, tales como misión, competencia, política, distintivos y objetivos, en donde este último puede ser representado tanto a corto, medio o largo plazo.

La Planificación de la producción, consiste en definir el volumen y momento de la fabricación de los productos, estableciendo un equilibrio en la producción y la capacidad en los distintos niveles en busca de la competitividad deseada. Para ello se requiere un

proceso concatenado de planes que vinculen los distintos niveles jerárquicos de la organización.<sup>6</sup>

La planificación de la producción se puede definir en tres niveles de acuerdo a los tipos de decisiones que se deben tomar, y de acuerdo a su integración del sentido Vertical (estrategia empresarial) y el sentido Horizontal relacionado con los demás subsistemas de la organización.

- Planificación Estratégica

- Planificación Táctica
- Planificación Operativa

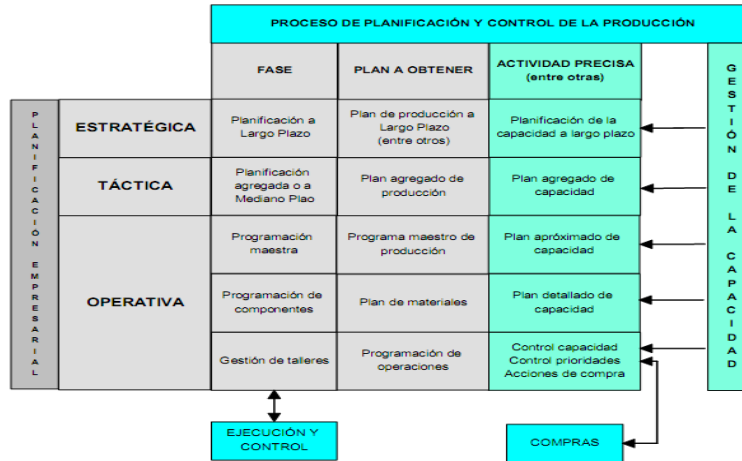
Cada uno de ellos presenta niveles jerárquicos que permiten la coordinación entre los objetivos, planes y actividades de los distintos niveles, en donde cada uno de ellos podrá perseguir sus propias metas, pero estos siempre deben tener en consideración los niveles superiores del cual dependen y de sus niveles inferiores que imponen restricciones.

Es de importancia mencionar que de acuerdo a Domínguez et al. (1995) los niveles de la planificación se deberán llevar a cabo en cualquier organización manufacturera, sin importar el tamaño que esta tenga y su actividad, pero teniendo en cuenta de que su forma de desarrollarse depende de las características propias de cada sistema productivo. Domínguez, realizó un cuadro que resume las principales etapas de la planificación mencionadas con anterioridad en conjunto con los planes que se derivan de cada uno, de los cuales hace relación con los niveles de planificación empresarial por un lado, y por otro la planificación y gestión de la capacidad.

---

<sup>6</sup>[www.monografias.com](http://www.monografias.com)

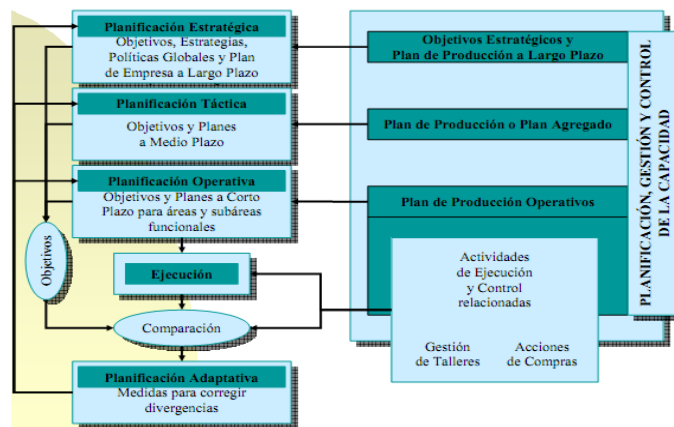
Figura 2.6 Proceso de Planificación y control de la Producción



Fuente: Domínguez et al. (1995)

De forma general la planeación dentro de una organización tiene la siguiente estructura para su funcionamiento, en donde resaltan las conexiones que deben existir entre los diferentes fases de la planeación, ya sea corto, mediano y largo plazo, y como cada una de las planeaciones interactúa con el fin de alcanzar cada uno de los objetivos de la organización.

Figura 2.7 Planificación y control en el conjunto de la empresa y en el subsistema de producción.



Fuente Domínguez et al. (1995)

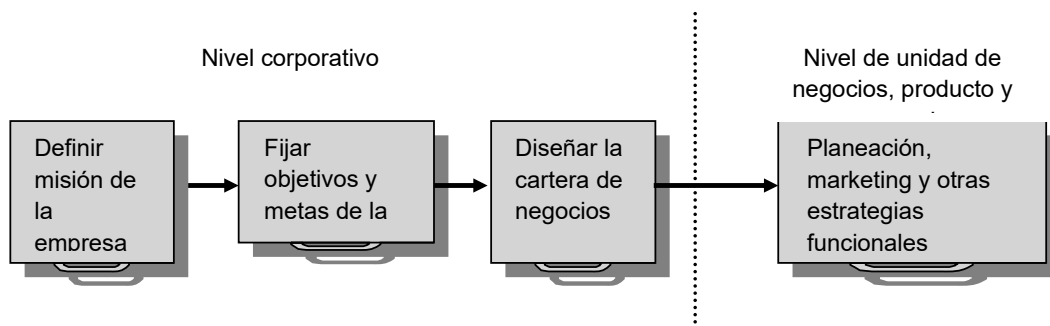
## **2.2.09. Planificación Estratégica**

La planeación estratégica, es la que se relaciona con el periodo más largo de la organización, llámese a periodos de 3 a 5 años en los cuales se espera alcanzar los objetivos de la empresa. Sus objetivos deben ser cumplidos a largo plazo, en donde sus planes estratégicos se centran amplios y duraderos que asegure la efectividad de la empresa y su supervivencia durante muchos años.

La planeación en esta etapa, según el Seminario de Teoría Administrativa de la Universidad Nacional de Colombia (pág. 71), habla que está integrada por estrategias que se derivan de la misión, la visión y los escenarios. En donde sus principales características de la planeación estratégica son:

- Está proyectada a varios años, con efectos y consecuencias previstos a varios años
- Ampara a la empresa como una totalidad, abarca todos los recursos y áreas de actividades y se preocupa por trazar los objetivos a nivel organizacional.
- Es definida por la cima de la organización y corresponde al plan mayor, el cual están subordinados todos los demás.
- La planificación Estratégica tiene la capacidad de observar detenidamente y anticipar los desafíos y oportunidades que se generan, tanto de las condiciones externas o realidades internas en la organización.
- Esta planeación es un proceso participativo, del cual no puede resolver todas las incertidumbres existentes, pero sí genera una lineación de propósitos que actúan en consecuencia. Según Kotler (1990) la planificación estratégica se refiere al proceso gerencial de desarrollar y mantener una dirección estratégica que puede alinear las metas y los recursos de la organización.

Figura 2.8 Pasos para la realización de un plan estratégico



Fuente: Elaboración Propia

Para definir la planeación estratégica de una organización es importante reconocer diferentes etapas o pasos para poder realizar un plan acorde a lo que la organización necesita, es decir que la planeación estratégica considere un enfoque global de la empresa, basándose en objetivos y estrategias generales.

Se consideran diferentes pasos para el desarrollo de un plan estratégico, según la figura 7 podemos destacar que para el desarrollo de este plan es necesario contar con:

1. Definición de la misión de la empresa: es una expresión de la organización que declara el propósito de esta, lo que desea lograr en un futuro de largo plazo, es la declaración de la razón de ser de la empresa.
2. Fijación de los objetivos y metas: Es la división de la misión de la empresa, la cual es representada por diversos objetivos o propósitos que apoyan los niveles gerenciales y los que se desean alcanzar.
3. Diseño de Cartera de Negocio: es básicamente la determinación de las áreas de negociación, se desarrollan análisis externos, competencias, crecimiento del mercado, etc. Por medio de esta información, la organización realiza una toma de decisiones para invertir en alguna área o sector específico.
4. Planeación, Marketing y otras estrategias funcionales: Por medio del plan de negocio la empresa podrá establecer los tipos de negocio en los cuales la empresa participará y sus respectivos objetivos. Luego, se

desarrollaran planes más detallados de apoyo al plan general, tales como planes de marketing, finanzas, compras, contabilidad y otros.

### **2.2.10. Planeación Táctica.**

La planeación Táctica a diferencia de la estratégica, es aquella que abarca al desarrollo de un plan para alcanzar objetivos a mediano plazo, con un horizonte generalmente de 6 meses a 2 años.

La planeación Táctica o también conocida como la planificación agregada o planificación a mediano plazo, trabaja con familias de productos, un grupo de productos los cuales poseen características similares en cuanto a su demanda, al igual que las actividades de trabajo y sus procesos productivos. Este tipo de planificación es el lazo entre la planificación estratégica y la planificación operativa, uniendo la comunicación entre los niveles gerenciales y los operativos como el área de producción.

Este nivel de planificación permite una conexión del departamento de operaciones con la alta dirección y con el resto de las áreas funcionales. Además es un instrumento de control y evaluación del plan estratégico, ya que conforme a las distintas áreas de la organización acuerdan lo que se producirá y lo que estará disponible para su venta.

Una de las importancias de la planeación agregada, es que puede actuar sobre la demanda de la organización y a su vez, actúa sobre las capacidades de producción.

Domínguez (1995) habla de los factores importantes de la planificación táctica y para que esta tenga un buen desarrollo es necesario realizar estimaciones de la demanda, ya que esta condiciona la cantidad de productos que se deben tener disponibles en cada periodo de tiempo. Estas condiciones se pueden ver reflejadas en las órdenes de pedido o pronóstico de demanda futura.

## **2.2.11. Estrategias de La producción Agregada**

Existen una variedad de estrategias para la elaboración del plan agregado, en donde muchos autores la han clasificado en dos grupos subdivididos (Chase et al. 2000; Domínguez et al. 1995):

Estrategias puras:

- Mano de obra nivelada (con empleo de horas extras o trabajadores eventuales)
- Estrategias de persecución adaptación a la demanda o a la caza (con o sin empleo de subcontratación)

Estrategias mixtas: la que se realiza cuando se mezclan más de una estrategia pura, ya que al adoptar cualquiera de estas estrategias se pueden alcanzar niveles más avanzados de satisfacción.

Existe un abanico de posibles técnicas para el desarrollo de los planes agregados de la producción en donde podemos distinguir tres de ellos como las técnicas más importantes y utilizada por los diferentes autores para la elaboración del plan agregado, estas técnicas son:

1. Métodos manuales de tablas y gráficos.
2. Métodos matemáticos y de simulación: programación lineal o cuadrática, y programación de simulación.
3. Métodos heurísticos, métodos de los coeficientes de gestión, métodos PSH (Production Switching Heuristic), reglas lineales de decisión (LDR) y búsqueda de reglas de decisión.

Chase et al (2000) logró realizar un análisis comparativo de algunas técnicas que comúnmente son utilizadas.

Tabla 2.1 Comparación entre métodos de planificación agregada.

| MÉTODOS                                    | HIPÓTESIS  | TÉCNICA  |
|--|--|--|
| Gráficos y tablas                          | Ninguna  | Pruebas alternativas de planes por medio del tanteo. No es óptimo pero si fácil de desarrollar y comprender.   |
| Programación con simulación                | Existencia de un programa de producción basado en computador | Prueba de planes agregados desarrollados por otros métodos.  |
| Programación lineal, método del transporte | Linealidad, plantilla laboral constante                      | Útil para el caso especial donde los costos de contratación y despido no son un factor. Proporciona una solución óptima.                               |
| Programación lineal, método simplex        | Linealidad   | Puede manejar cualquier número de variables, pero muchas veces es difícil formular. Proporciona una solución óptima.                                   |
| Reglas de decisión lineal                  | Funciones cuadráticas de costos                              | Utiliza coeficientes derivados matemáticamente para especificar las tasas de producción y los niveles de plantilla laboral en una serie de ecuaciones. |
| Coefficientes de gestión                   | Los gerentes toman básicamente buenas decisiones             | Emplea el análisis estadístico de decisiones anteriores para tomar nuevas decisiones. Se aplica a un solo grupo de gerentes y no es óptimo             |
| Reglas de búsqueda de decisiones           | Cualquier tipo de estructura de costos                       | Usa procedimientos de búsqueda de patrones para encontrar los costos mínimos de las curvas de costos totales. Difícil de desarrollar, no es óptimo.    |

Fuente: Chase et al (2000)

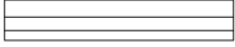


### 2.2.12. Métodos manuales de tablas y gráficos.

Si bien es cierto, y de acuerdo a autores como Domínguez, estos métodos son uno de los más utilizados por las organizaciones al momento de realizar las planificaciones. Dentro de estos podemos destacar a:

La gráfica de Gantt: La cual es una gráfica de barras que se utiliza para la programación de los recursos, que puede incluir los insumos del sistema administrativo, recursos humanos y maquinaria. En el eje horizontal se encuentre el tiempo y en el vertical los recursos que se utilizarán en el proceso.

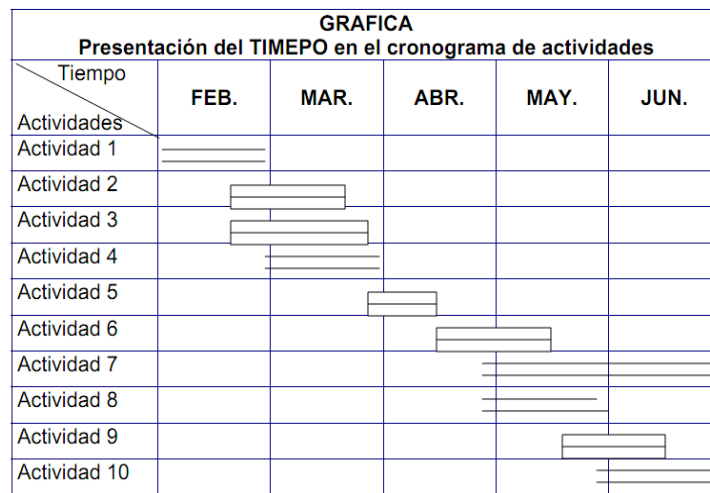
Esta gráfica, utilizada por las áreas gerenciales, muestra el tiempo de la actividad pronosticado para cada uno, y el tiempo real de la ejecución de estas. Además nos indica de forma ordenada las tareas que se deben realizar y en que fechas deben ser ejecutadas de manera secuencial.

Las actividades pueden visualizarse de la siguiente manera en la gráfica Gantt:

- Actividad planeada 
- Actividad ejecutada 
- Actividad faltante 

De manera más representativa la gráfica Gantt, se comporta de la siguiente manera:

Gráfico 2.1 Representación gráfica de la carta Gantt.

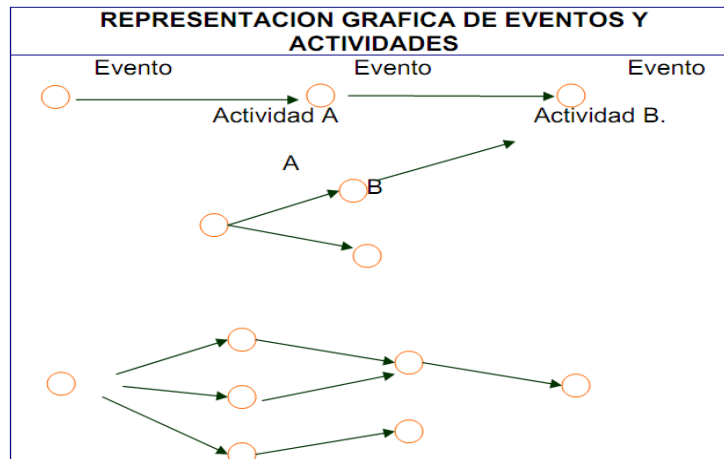


Fuente: Seminario de teoría administrativa, Universidad nacional de Colombia

Para ROLEC S.A. la gráfica Gantt es una herramienta importante para la producción de SE, debido a la gran cantidad de procedimientos y actividades que se deben realizar, y todos los proyectos realizados por la organización cuentan con su respectiva gráfica de apoyo para el proceso de planificación.

Diagrama de Red o “Diagrama de Flechas”: es un diagrama que ayuda a la representar las actividades y sus relaciones que existe entre ellos

Gráfico 2.2 Representación del diagrama de Flechas



Fuente: Seminario de teoría Administrativa, Universidad Nacional de Colombia

Este diagrama se elabora en base a flechas y círculos unidos entre sí en donde las flechas representan las actividades y los círculos son los Eventos que indican el término y comienzo de una nueva actividad.

Red PERT (Técnicas de Evaluación y Revisión de Proyectos): es una red que representa gráfica y simbólicamente las tareas a desarrollar de una organización para cumplir los fines propuestos.

Esta Red, es una de las más aplicadas en la planeación, ya que es una técnica utilizada por la alta gerencia, la cual entrega información sobre los problemas reales y potenciales que se pueden presentar en la terminación de un proyecto. Es un método probabilístico, debido a que considera las posibilidades estadísticas de tres tiempos, optimista probable y pesimista.

Esta herramienta también muestra en su diagramación la fecha de término y comienzo para cada actividad.

### 2.2.13. Métodos matemáticos y de simulación.

Si se investiga los métodos aplicados en la antigüedad para la planificación, se encontrará de que los métodos matemáticos y de simulación como apoyo para la planificación agregada, tienen como inicio en la década de los 50's, en donde diferentes investigadores han propuesto diferentes modelos matemáticos para la resolución de modelos de planificación.

Regla de decisión Lineal: es considerada como una de las primeras técnicas aplicadas a la planificación. Es un modelo que contemple el sueldo en tiempo regular, el costo de contratación/despido, el costo del sobre tiempo y el costo de inventario/escasez. Esta técnica posee limitaciones tales como la dificultad en las especificaciones y construcción en las funciones de costos y la dificultad de la puesta en marcha de sus soluciones.

Programación Lineal (método Simplex): Los modelos de programación lineal apuntan a encontrar planes de producciones óptimos para una función objetivo y el conjunto de sus restricciones.

Este método es iterativo el cual permite ir mejorando las soluciones a medida que los datos y el modelo está siendo iterado, en el cual tiene como finalizado al momento en que las iteraciones realizadas no puedan encontrar una mejor solución para el modelo.

La forma estándar del modelo puede ser visualizada de la siguiente manera:

$$\begin{array}{ll} \text{Función objetivo:} & c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + \dots + c_n \cdot x_n \\ \text{Sujeto a:} & a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + \dots + a_{1n} \cdot x_n = b_1 \\ & a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + \dots + a_{2n} \cdot x_n = b_2 \\ & \dots \\ & a_{m1} \cdot x_1 + a_{m2} \cdot x_2 + \dots + a_{mn} \cdot x_n = b_m \\ & x_1, \dots, x_n \geq 0 \end{array}$$

En donde podemos distinguir que la función objetivo debe maximizar o minimizar, sus restricciones deben ser de igualdad, en cuanto a sus variables deben ser positivos y por último las constantes a la derecha de las restricciones deben ser no negativas.

- a) Programación por objetivos: es más bien una extensión de la programación lineal, la cual consta de encontrar un nivel de satisfacción para múltiples objetivos.
- b) Programación enteras mixtas: método que sirve para un plan óptimo sin tantas limitaciones como en la programación lineal.

De manera más general, las técnicas matemáticas buscan construir un modelo que represente de la mejor manera el problema de la organización y a la vez de una forma simple, y el cual conlleve a una solución más adecuada para posible y que ayude directamente al cumplimiento de los objetivos de la organización.

#### **2.2.14. Planeación Operativa**

La planeación operativa es aquella planeación que se realiza a corto plazo, ya sea en un lapso menor a un año. Es un tipo de planificación que va cambiando constantemente sus objetivos ya que se encuentren en diferentes áreas productivas y en donde su enfoque principal está orientado a la eficiencia.

La planeación operacional consiste en establecer claramente la aplicación del plan estratégico conforme a los objetivos específicos. Esta planeación debe ser fácil de entender y de estructura sencilla, para que los participantes puedan actuar en base a ella de manera eficiente y en dentro de los plazos establecidos.

Figura 2.9 Modelo de sistema de planeación



Fuente: Seminario teoría de la administración, Universidad Nacional de Colombia

La planeación operacional, apunta a alcanzar metas específicas, a corto plazo y orientada a los niveles inferiores de la organización la cual se centra en las operaciones corrientes, y en donde su meta primordial se basa en la eficiencia.

### 2.3. VSM Value Stream Mapping (Flujo Mapa de Valor)

El VSM es una de las herramientas de “Lean manufacturing” metodología que viene del Sistema Productivo de Toyota (TPS). El propósito del VSM es representar de manera gráfica los elementos de producción e información dentro de un proceso productivo, a su vez, representar el estado actual como base para analizar el proceso y detectar oportunidades de mejora para realizar el estado futuro. Esta es herramienta muy útil para visualizar actividades que no generan valor en el proceso y que causan esperas, cuellos de botella, y también visualizar las actividades que generan valor.

Un mapa de valor sirva para establecer un método gráfico para analizar la cadena de procesos en un solo documento. Visualizar todas las todas las operaciones e información de una familia de productos, y visualizar las oportunidades de mejora para reconocer el desperdicio, detectar cuellos de botellas, y poder conocer el proceso de detalladamente.

Esta herramienta consta de 5 pasos:

- Descripción del problema

- **Estado actual:** presenta una visión actual de cómo se están realizando las actividades o procesos en la que se pueden detectar las oportunidades de mejora y puntos conflictivos.

- **Plan de acción:** es las medidas a tomar para poder solucionar las oportunidades de mejora detectadas en el mapa de estado actual.

- **Estado futuro:** presenta una solución a corto plazo para la operación, teniendo presente la solución de las oportunidades de mejoras “Kaizen Burst” encontradas en el estado actual para poder solucionarlas tener un mejor escenario en el estado futuro.




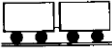





- Métricas son las medidas que se debe realizar para que el estado futuro se cumpla

Las mediciones importantes son:

- Tiempos de ciclos individual o por proceso: esto es el tiempo que tiene cada operación u o actividad
- Tiempo de ciclo total: es el tiempo que duran todas las operaciones y se calcula sumando el tiempo individual de todas las operaciones.

Realizamos un VSM cuando queremos iniciar un proceso de mejora en un producto determinado, un proceso conjunto de procesos específicos y enfocarnos en los puntos de mayor conflicto para centrar los esfuerzos en resolverlos. (Puntos críticos, cuellos de botellas, o áreas que pueden ser mejorados.

Figura 2.10 Simbología VSM

| Símbolo   | Descripción  |
|---|--|
|    | Fuentes Externas: clientes y proveedor   |
|    | Flecha de traslado de proveedor a planta o de planta al cliente.   |
|    | Transporte mediante camión de carga  |
|   | Transporte en tren   |
|  | Transporte en avión  |
|  | Operación de Proceso   |
|  | Casillero de datos que se colocan debajo de las operaciones. En él se incluyen información como tiempo de ciclo, tiempo de cambio entre producto, fiabilidad del equipo, tiempo disponible por turno, yield, Etc |
|  | Flecha de empuje que se utiliza para conectar operaciones en las que el material se mueve mediante un sistema empujar  |
|  | Kaizen Burst u Oportunidades de mejora, donde se da a entender que en este punto se debe realizar un evento de mejora continua   |

Fuente. Elaboración propia

### **3. Capítulo 3:**

#### **3.1. Introducción**

En este capítulo se propone las medidas que se deben tomar para dar soluciones a las problemáticas existentes en el análisis anterior. Se realiza un análisis para saber cuáles son los procesos más conflictivos y las medidas que hay que tomar para el caso.

#### **3.2. Análisis de las actividades Productivas**

Anteriormente se ha mencionado que los tiempos de retrasos que existen en la entrega de las salas eléctricas (capítulo 1), ha llevado muchas veces a la organización a pagar grandes sumas de dinero en multas por no cumplir los plazos de entrega estipulados.

Para poder analizar cada uno de los procesos es importante entender el funcionamiento de la estimación de tiempos por parte del área de producción (tiempo que se requiere para comenzar y terminar cada uno de los procesos de construcción de las salas eléctricas). Para llevar a cabo este análisis, es necesario conocer la actual metodología que la empresa utiliza, y bajo qué parámetros puede calcular un tiempo estándar por cada proceso.

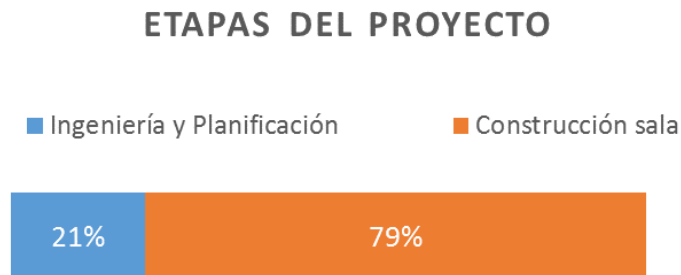
##### **3.2.01. Aspectos Generales.**

En la actualidad, los tiempos que la organización ha podido establecer para el desarrollo de un proyecto, se han generado en base a la experiencia que ésta ha tenido en los últimos años, lo que les ha permitido desarrollar una herramienta, básicamente una tabla de tiempos de producción, que entrega como resultado la cantidad de horas que se destinarán al trabajo de la construcción de salas eléctricas. De acuerdo a esto, la organización estableció que existen 9 procesos importantes para la construcción de una sala eléctrica, clasificados en Guillotina, Punzonado, Plegado, Armado, Pintura, Montaje, Conexionado y Levantamiento.

Cada vez que la organización quiere comenzar un proyecto, es necesario realizar una evaluación de las características de la sala eléctrica a construir, ya que muchos de los proyectos que la organización desarrolla son personalizados, parte del desarrollo de la construcción de salas eléctricas requiere de un trabajo de ingeniería especializado en el diseño de la sala eléctrica, los planos para el desarrollo de ésta en conjunto con las características que la sala eléctrica debe tener y una absoluta aprobación del diseño por parte de los clientes. Seguido de eso, comienza la construcción de la sala eléctrica con el envío de información de planos a los lugares correspondientes para el comienzo de la operación de construcción, recolección de materiales y preparación de los lugares de trabajo. La última fase para el término del proyecto, corresponde al control de calidad de la SE, procedimientos que se basan en la revisión de que cada uno de los componentes del proyecto, verificación de las instalaciones y la estructura de la sala eléctrica, antes de que esta sea entregada al cliente.

Según un análisis desarrollado para la identificación de los tiempos generales de duración de un proyecto promedio, se identificó, en base a una muestra de 84 proyectos desarrollados en los últimos 3 años (periodo 2010-2012) los tiempos que demora un proyecto en cada una de las fases identificadas por la empresa, de manera ilustrada se puede representar de la siguiente manera.

Gráfico 3.2.1 Etapas de un proyecto.



Fuente. Elaboración Propia.

De acuerdo a la figura 3.1. Se observa que la etapa de ingeniería y planificación representa el 21% del total de proyecto, y la construcción de la SE representa un 79% del

proyecto, esto se basa en los tiempos que total que demora en el desarrollo del proyecto en cuanto a las horas hombres que están involucradas para el desarrollo de cada una de las etapas. De acuerdo a este análisis, en la etapa productiva es donde se concentra mayor cantidad de actividades críticas para la producción de una sala eléctrica, por tanto, se estudiará y analizará las actividades que se enfocan en la construcción y no el diseño y planificación, descartando estos debido a que no afectan al retraso de la entrega del proyecto, ya que se requiere de la aprobación del cliente para que los responsables del diseño y planificación de las salas eléctricas las emitan la orden de construcción.

Por otro lado, es de importancia conocer en base a qué tipo de proyecto se trabajará, ya que en la actualidad cada uno de los proyecto que la organización desarrolla son personalizados y dependen exclusivamente de los requerimientos del cliente, entonces, de una manera sencilla de resolver la inquietud será necesario que se revise el histórico de producción (información proporcionada por la organización), con el fin de conocer las magnitudes de las salas eléctricas producidas y poder identificar un padrón, que permita estandarizar el estudio a desarrollar. Es por ello que se desarrolló la siguiente tabla en base al análisis de la información entregada por la empresa:

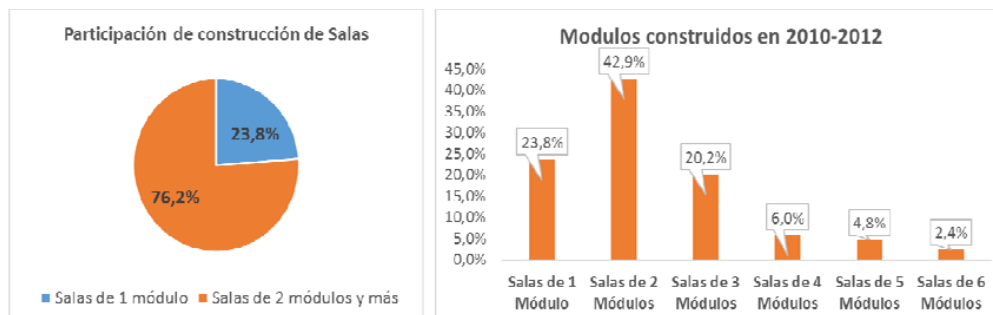
Tabla 3.2.1 Proyectos desarrollados en base a módulos en los últimos 3 años

| Proyectos Desarrollados   | 2010-2012 | Porcentaje |
|---------------------------|-----------|------------|
| <b>Salas de 1 Módulo</b>  | 20        | 23,8%      |
| <b>Salas de 2 Módulos</b> | 36        | 42,9%      |
| <b>Salas de 3 Módulos</b> | 17        | 20,2%      |
| <b>Salas de 4 Módulos</b> | 5         | 6,0%       |
| <b>Salas de 5 Módulos</b> | 4         | 4,8%       |
| <b>Salas de 6 Módulos</b> | 2         | 2,4%       |
| <b>Total Proyectos</b>    | 84        | 100,0%     |

Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla y los datos entregados por la empresa, en los últimos 3 años se han desarrollado 84 proyectos en la organización, de los cuales las salas de 2 módulos representan el 42,9% de la totalidad de estos proyectos.

Gráfico 3.2.2 Porcentaje de los módulos más construidos por ROLEC.



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al gráfico el 76,2% de las salas eléctricas que construye ROLEC se componen de dos o más módulos y sólo el 23,8% se componen de un módulo. Por tanto, para el desarrollo del estudio, se considerará trabajar con las salas eléctricas de 2 módulos, ya que son más comunes de construcción, y porque el 76% de las veces que se debe construir una sala eléctrica, es necesario fabricar 2 módulos o más. También es importante mencionar que según el análisis de los 84 proyectos realizados por la empresa entre el 2010 y 2012, 36 de ellos son de 2 módulos que poseen dimensiones entre 87 a 108 metros cuadrados, con una altura de 4 a 4,2 metros, ya que una altura superior no permitiría su traslado, ya que tamaños superiores no se pueden trasladar en carreteras y túneles.

### 3.2.02. Diagnóstico de tiempos actuales e Históricos

Una vez establecido cuáles serán los proyectos en los que se trabajará, es importante conocer la realidad actual e histórica de la construcción de <sup>7</sup>salas eléctricas en ROLEC, para ello, se debe identificar de manera detallada los tiempos de construcción de las SE de 2 módulos producidas por la empresa, en base a esto se establecieron tablas que identifican los tiempos de construcción de cada proyecto, en donde se desarrolló una comparación entre los valores estándar que la organización establecía, a modo de cálculo aproximado, para saber cuál era el tiempo estimado para la realización de cada proyecto, en donde se identificaron grandes diferencias entre uno y otro, para ello se estableció la siguiente tabla:

---

<sup>7</sup>Para mantener la confidencialidad de las salas eléctricas construidas por ROLEC, se cambió el nombre de cada una de las SE, designado un nombre acompañado de un dígito numérico para identificar un proyecto de otro.

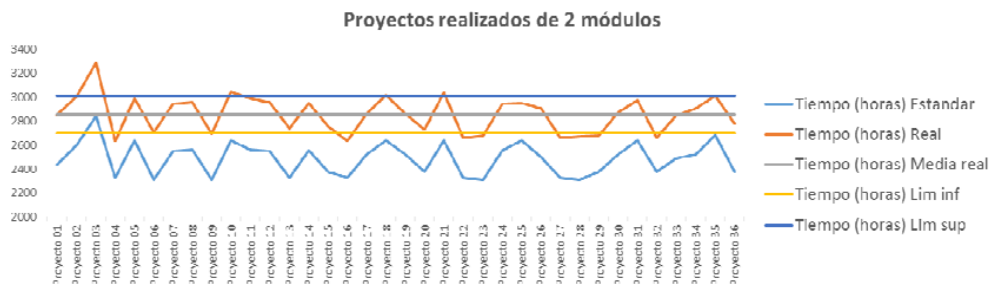
Tabla 3.2.2 Tiempos de construcción total por cada proyecto de 2 módulos.

| Nombre del proyecto | Tiempo (horas) |         | Nombre Proyecto | Tiempos (horas) |         | Nombre Proyecto | Tiempos (horas) |         |
|---------------------|----------------|---------|-----------------|-----------------|---------|-----------------|-----------------|---------|
|                     | Estandar       | Real    |                 | Estándar        | Real    |                 | Estándar        | Real    |
| Proyecto 01         | 2432,75        | 3151,11 | Proyecto 14     | 2556,36         | 3273,50 | Proyecto 27     | 2324,92         | 2960,27 |
| Proyecto 02         | 2598,44        | 3354,10 | Proyecto 15     | 2379,624        | 3064,13 | Proyecto 28     | 2311,244        | 2973,44 |
| Proyecto 03         | 2840,4         | 3663,33 | Proyecto 16     | 2324,92         | 2943,49 | Proyecto 29     | 2379,624        | 2984,68 |
| Proyecto 04         | 2324,92        | 2951,20 | Proyecto 17     | 2524,8          | 3193,70 | Proyecto 30     | 2524,8          | 3191,56 |
| Proyecto 05         | 2641,572       | 3367,16 | Proyecto 18     | 2641,572        | 3356,63 | Proyecto 31     | 2641,572        | 3324,11 |
| Proyecto 06         | 2311,244       | 2999,76 | Proyecto 19     | 2524,8          | 3193,39 | Proyecto 32     | 2379,624        | 2954,69 |
| Proyecto 07         | 2551,626       | 3264,91 | Proyecto 20     | 2379,624        | 3046,33 | Proyecto 33     | 2489,032        | 3180,08 |
| Proyecto 08         | 2564,25        | 3266,91 | Proyecto 21     | 2641,572        | 3385,54 | Proyecto 34     | 2524,8          | 3234,81 |
| Proyecto 09         | 2311,244       | 2984,64 | Proyecto 22     | 2324,92         | 2962,36 | Proyecto 35     | 2682,6          | 3354,74 |
| Proyecto 10         | 2641,572       | 3395,34 | Proyecto 23     | 2311,244        | 2980,21 | Proyecto 36     | 2379,624        | 3091,90 |
| Proyecto 11         | 2564,25        | 3345,58 | Proyecto 24     | 2556,36         | 3285,86 |                 |                 |         |
| Proyecto 12         | 2551,626       | 3295,14 | Proyecto 25     | 2641,572        | 3304,78 |                 |                 |         |
| Proyecto 13         | 2324,92        | 3049,06 | Proyecto 26     | 2498,5          | 3237,33 |                 |                 |         |

Fuente: Elaboración Propia

En base a los datos distribuidos en la tabla, es posible graficar la información para tener una mayor claridad con respecto a la elaboración de los proyectos, y la comparación de los tiempos estándares establecidos por la organización y los tiempos reales calculados por ellos mismos en base a el control de la fecha de término de cada uno de ellos, quedando expresado de la siguiente manera:

Gráfico 3.2.3 Tiempo que tarda en desarrollo de un proyecto



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a estos datos, podemos distinguir que los retrasos producidos en la organización se basan, en primera instancia, como problemáticas que existen en las actividades desarrolladas en la producción de las salas eléctricas lo que provoca que se genere una diferencia de esta magnitud por cada proyecto o además de considerar que la herramienta actual no se adecua a la estimación de tiempos la producción de cada proyecto. En relación a los tiempos graficados, es importante mencionar que los tiempos reales supera

en un promedio de 686 horas-hombres, esto quiere decir que el retraso en entrega se prolonga hasta en 30 días aproximadamente por cada proyecto en las actividades de construcción.

Es importante conocer los tiempos detallados que tiene la organización para la construcción de salas eléctricas, esto permitirá tener un conocimiento más detallado sobre los procesos de la organización y cuáles son las actividades más relevantes y críticas al momento de la construcción, las cuales afectan directamente al proceso productivo.

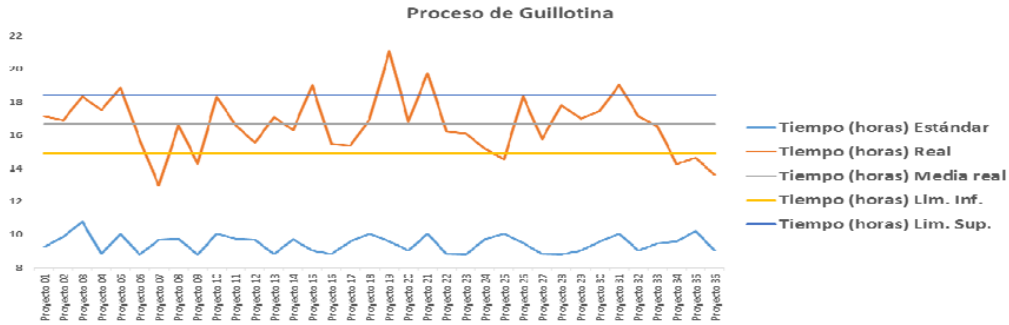
### **3.3. Proceso Metalmecánico.**

El proceso de metalmecánico involucra a 4 etapas diferentes, el proceso de Guillotina, Punzonado, Plegado y armado, de los cuales se requiere constantemente de la mano del hombre para llevar a cabo dichas tareas.

Por medios de los datos históricos proporcionados por la empresa, sobre los registro de los tiempos estándares por cada proceso y los tiempos reales identificados, se realizó un análisis grafico del comportamiento de los proyectos anteriores por cada proceso, con el fin de distinguir cuales de estos son los que representan mayor retraso y perjudican directamente el desarrollo global del proyecto, esto nos permitirá conocer los tiempos que se requieren para desarrollar cada uno de los procedimientos y actividades más representativas de cada proyecto, aquellos que agregan directamente valor a la sala eléctrica, para esto, se evaluaron los siguientes gráficos que distinguen el comportamiento en cada una de las actividades que se desarrollan.

### 3.3.01. Guillotina

Gráfico 3.3.1 Tiempo que tarda en el proceso de Guillotina

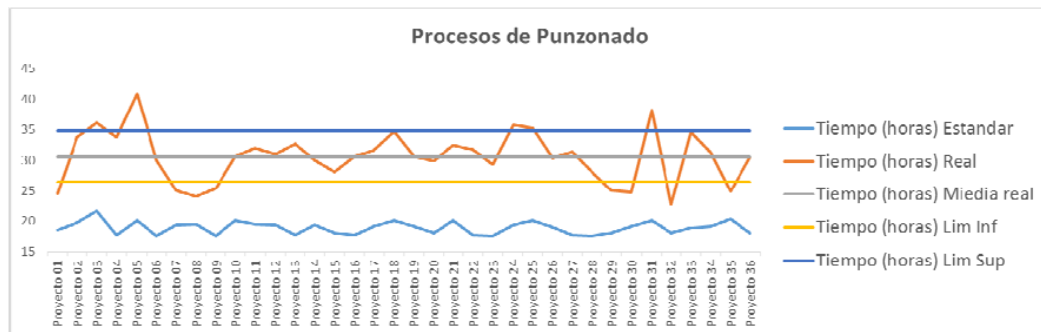


Fuente: Elaboración Propia

La gráfica representa que los tiempos estándares estimados por ROLEC para la etapa de guillotina, son absolutamente inferiores con respecto a los tiempos que actualmente la organización demora en el desarrollo del proceso, indicando que existe una diferencia de alrededor de 7 horas-hombres de retraso o 7 horas más de las esperadas para el desarrollo de tal procesos. Sin duda los datos se expresan respectivamente con la media de los datos reales, los cuales en la actualidad representan una mayor credibilidad en cuanto a los tiempos para el desarrollo de la etapa de guillotina en la empresa ROLEC.

### 3.3.02. Punzonado

Gráfico 3.3.2 Tiempo que tarda en el proceso de Punzonado.



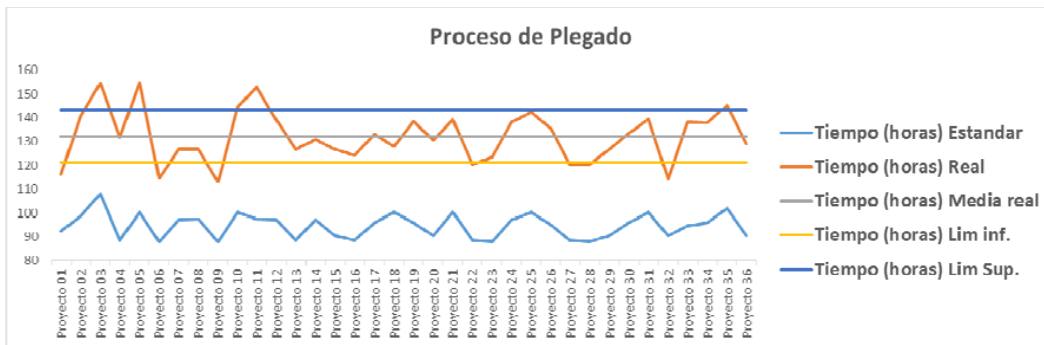
Fuente: Elaboración Propia.

El Punzonado tiene un comportamiento similar al proceso de Guillotina, en cual posee tiempos reales que exceden los estándares definidos por la empresa, sin embargo este

procesos se desarrolla paralelamente al de Armado, el cual tiene un tiempo superior de desarrollo, por tanto, a simple vista se puede deducir que el procedimiento de punzonado no tiene una mayor relevancia en cuanto demora de ejecución, ya que no representaría la ruta crítica para la elaboración general del proyecto. Aun así, es necesario que se puedan establecer las actividades, y analizar de manera más detallada el proceso de punzonado, eso permitirá encontrar las problemáticas que provocan un retardo en los tiempos producción de las SE.

### 3.3.03. Plegado

Gráfico 3.3.3 Tiempo que tarda en el proceso de Plegado

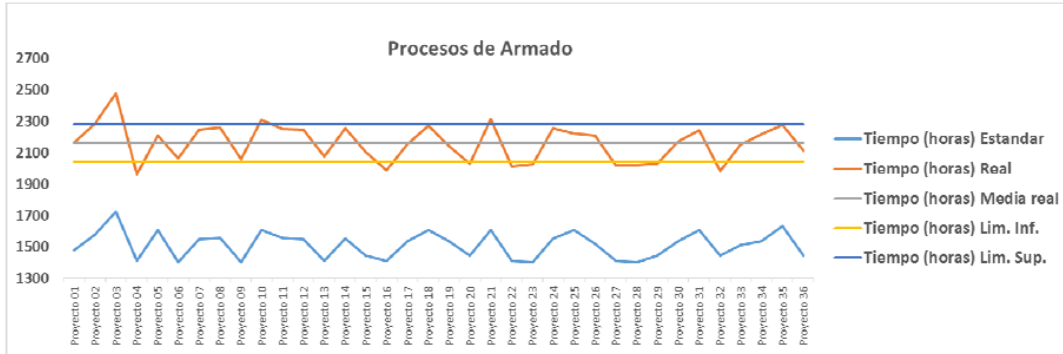


Fuente: Elaboración Propia.

El plegado es una etapa importante en cuanto al tiempo que se requiere para llevar a cabo las actividades, pero posee un comportamiento similar al punzonado, ya que el comienzo de la elaboración de este servicio de actividades, comienza paralelo con el plegado y el armado, y a la vez la cantidad de horas-hombres requeridas para el desarrollo de este procesos, es mucho menor que la cantidad de horas-hombres que se deben invertir para el procedimiento de armado, por tanto, en primera instancia los tiempos que tarda para desarrollar este proceso no pertenecerían a la ruta crítica de procesos, por ende no afectaría si este se retrasara más o menos en el proyecto global, pero es importante destacar que este proyecto debe iniciar al momento que inicia el proceso de armado.

### 3.3.04. Armado

Gráfico 3.3.4 Tiempo que tarda en el proceso de armado



Fuente: Elaboración Propia

El proceso de Armado es el más importante de todos, ya que es aquí donde se concentra la mayor parte del tiempo de construcción de la sala eléctrica, ya que el 51% del tiempo destinado para la producción de las salas eléctricas se concentran en este procedimiento. Sin embargo, al analizar la gráfica anterior, es inevitable ver que los tiempos de armado reales superan los establecidos por la organización, lo mismo que ha sucedido en cada uno de los procedimientos anteriores a metalmecánica, por tanto se refleja un porcentaje importante de retrasos con una media de 648,5 horas-hombre de trabajo de retraso en el proceso, comparando los datos con los estimados por la organización para cada proyecto como lo muestra la gráfica. Sin duda, será de importancia conocer a mayor detalla las actividades que se llevan a cabo en este proceso.

### 3.4. Procesos Restantes

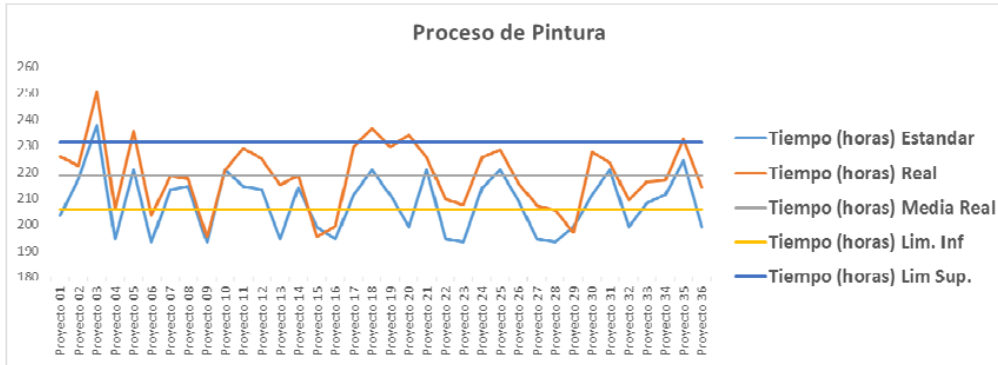
Los procesos de metalmecánica son de importancia ya que representa la base de la construcción de las salas eléctricas referente a su estructura. Sin embargo, se requiere de procedimientos adicionales para la finalización de la SE como producto, procesos reconocidos por la organización como, pintura, montaje, conexionado y Levantamiento.

Estos procedimientos son un aporte importante al desarrollo de la SE, por tanto es necesario conocer los tiempos que la organización ha estimado para cada proyecto y cuál ha sido el tiempo real que la organización tardó en llevar a cabo. Por tanto se realizará un

análisis de cada uno de estos procesos definidos por la organización hasta llegar a la culminación del proyecto.

### 3.4.01. Pintura

Gráfico 3.4.1 Tiempo que tarda en el proceso de Pintura

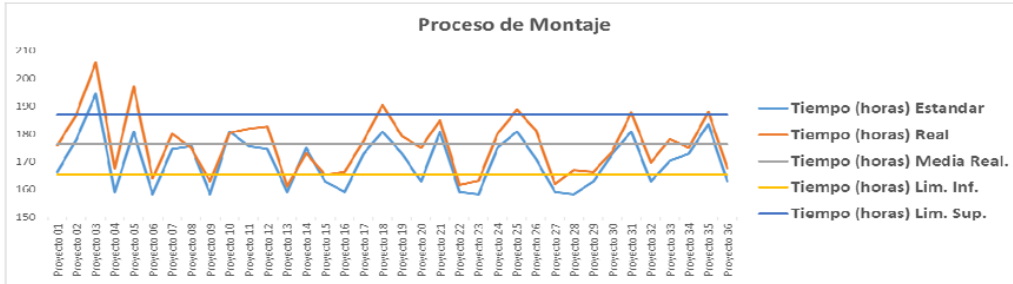


Fuente Elaboración Propia

La gráfica, al igual que los procedimientos pasado muestra que existe una diferencia entre los tiempos reales y los tiempos estimados por la organización para este procedimiento, la diferencia no es tan notoria como en los procedimientos predecesores, incluso el tiempo estimado o estándar podría posicionarse dentro de los márgenes y límites de los tiempos reales. Aun así, se debe destacar que el retraso es de aproximadamente 10,36 horas-hombres de trabajo, esto representa un error de un 4,7% según los datos analizados, lo cual se encontraría dentro de los márgenes establecidos en la organización, por tanto estos resultados son los esperados por la empresa, sin embargo se podrían desarrollar medidas para la disminución de los tiempos de las actividades que se deben desarrollar.

### 3.4.02. Montaje

Gráfico 3.4.2 Tiempo que tarda en el proceso de Montaje.



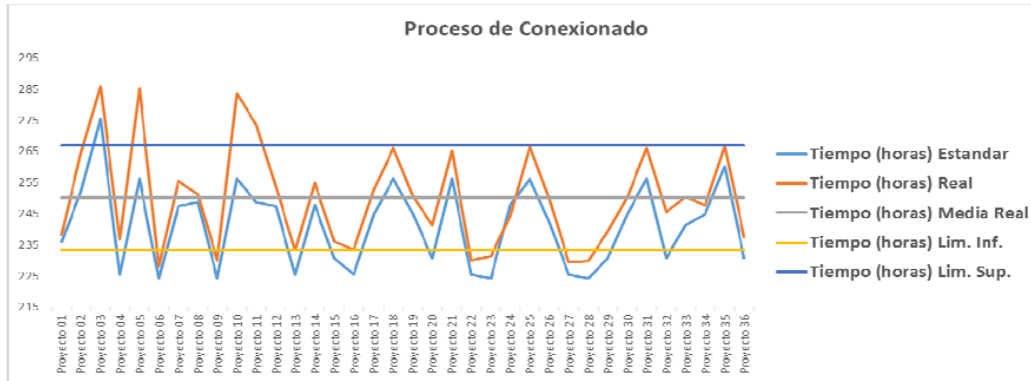
Fuente: Elaboración Propia

En montaje posee un comportamiento similar al de pintura en cuanto a los tiempos que tarda en realizar las actividades del proceso, con un margen muy bajo entre los tiempos estándares y reales de construcción, con un retraso del 3,3% en base a los estimados por la organización, 6 horas-hombre aproximadamente.

Por otro lado, es importante destacar que los tiempos que tardan en el desarrollo del montaje, se realiza de manera separada, esto quiere decir que se instalan, en una primera instancia, los tableros eléctricos, que parte una vez que el armado de la sala eléctrica se encuentra en un 80% de desarrollo. Luego de eso comienzan los servicios adicionales (instalaciones de otros instrumentos y herramientas que el cliente requiera) estos serán instalados una vez que el procedimiento de armado haya acabado y que la primeras actividades de pintura también hayan finalizado. Por último, se realiza la instalación de los equipos que tendrá cada SE

### 3.4.03. Conexionado

Gráfico 3.4.3 Tiempo que tarda en el proceso de Montaje



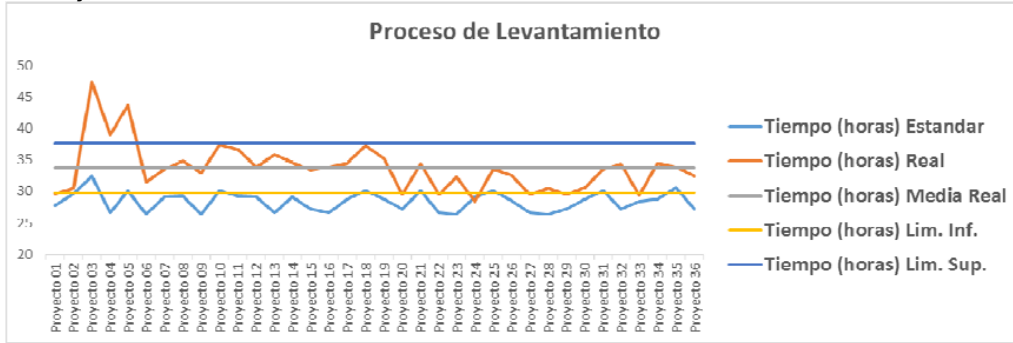
Fuente: Elaboración Propia

El Conexionado al igual que el proceso de montaje tiene un margen estrecho entre los tiempos reales de construcción con los tiempos esperados, con un margen de error de un 3,5%, demorando aproximadamente 8,77 horas más de lo estimado por la organización.

Por otro lado, es importante mencionar que el desarrollo de este proceso se realiza de manera alternada, esto quiere decir que una vez que el proceso de armado complete un 80% de producción, se comienza con el desarrollo de la primera etapa de conexionado. Luego de esto, y una vez terminado el proceso de armado y pintura, es necesario desarrollar el conexionado de los tableros, luego de los servicios adicionales y finalmente de los equipos que irán en la sala, aun así el tiempo estimado para el desarrollo de estos procedimientos es acorde al que en la realidad se desarrolla.

### 3.4.04. Levantamiento

Gráfico 3.4.4 Tiempo que tarda en el proceso de Montaje.



Fuente: Elaboración Propia.

Como etapa final del proceso productivo de la construcción de las sales eléctricas, se encuentra el proceso de levantamiento, en el cual existen variaciones aun mayor que en las etapas anteriores como pintura, montaje y conexionado, el desarrollo del proceso de levantamiento no supera las 40 horas de trabajo para las salas de 2 módulos, por tanto a pesar que existe una diferencia promedio de un 16% sobre la estimación de tiempos teóricos de la organización para este procedimiento, no es mayormente perjudicial como los tiempos de retraso que puedan existir en metalmecánica.

### 3.5. Conclusiones del análisis de tiempo

Como se observó detalladamente en cada uno de los procesos por medio de gráficas y datos escritos, el proceso que necesita una mayor atención para la reducción de tiempos es el Armado, ya que requiere de muchas horas y días de trabajo para poder desarrollar esta actividad. Además los procesos incluidas en el área de Metalmecánica son los requieren mayor atención para poder modelar y reducir los retrasos de culminación de cada una de las actividades, ya que son parte de la ruta crítica del desarrollo de cada proyecto.

Por otro lado, podemos mencionar que los tiempos de pintura, montaje, conexionado y levantamiento, si bien poseen un porcentaje de retraso con respecto a la estimación teórica proporcionada por la organización, su optimización no representaría grandes cambios al

proyecto global, debido a que el aporte de retrasos es inferior a los retrasos producidos en los procesos de metalmecánica, no hay que olvidar que el procedimiento de armado requiere de un 51% de atención para su desarrollo, por tanto un retraso en este procedimiento de un 3% podría afectar directamente la entrega de la sala eléctrica al cliente, y a la vez sería mayor que el retraso de los procedimientos posteriores a metalmecánica. Por tanto, hay que enfocar y analizar de manera más detallada los procedimientos de metalmecánica, quienes afectan directamente y de manera importante el desarrollo de proyecto.

Por último, podemos distinguir que los tiempos simulados por la organización y los cuales son informados al cliente al momento de desarrollar la propuesta de se alejan de los tiempos actuales, pero aun con motivos desconocidos de los retrasos, en los cuales es necesario un análisis más detallado de los procesos y con otras herramientas que permitan entregar una mejor precisión para la identificación de las demoras.

## 4. Capítulo 4

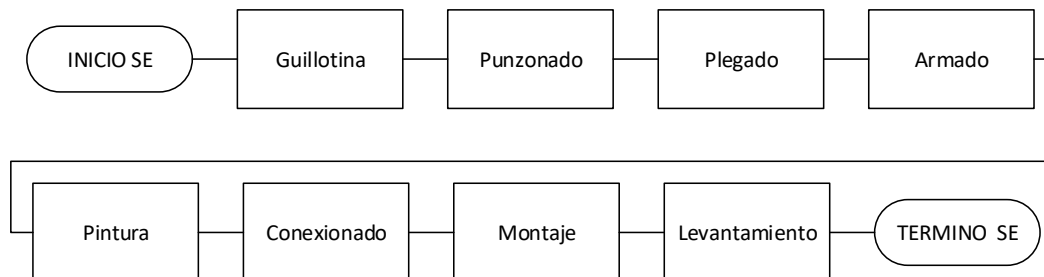
### 4.1. Modelación de la situación actual en Arena.

De acuerdo a los datos y tablas de procedimientos que se analizaron anteriormente, se consideró que la necesidad de simular los procesos en base a la ayuda de un software de simulación de procesos y colas llamado Rockwell ARENA, por medio de la versión estudiante, con el fin de tener una segunda opinión con respecto a los análisis desarrollados anteriormente y confirmar, si es el caso, de los procedimientos que poseen una mayor demora en cuanto a las actividades que desarrollan y los tiempos de espera que pueden existir y perjudicar el retraso global del proyecto.

Para poder desarrollar la modelación en ARENA, es necesario desarrollar el flujo grama estándar para la elaboración de una sala eléctrica de 2 módulos y además es necesario conocer los datos, de los recursos utilizados en cada proceso, ya que serán parte de nuestras variables y nos permitirá identificar en cuanto se podría retardar u optimizar la construcción de una sala eléctrica dependiendo de los recursos que tenga disponible.

#### 4.1.01. Simulación de construcción de una sala eléctrica.

Figura 4.1.1 Flujo grama de procesos de construcción de una SE.

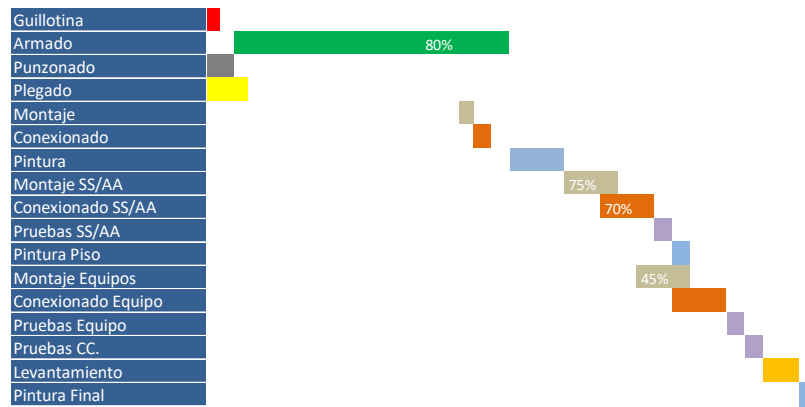


Fuente: Elaboración Propia.

Para desarrollar la modelación en ARENA, es necesario desarrollar un flujo grama de los procedimientos y como estos van a interactuar en nuestro modelo, en base a la herramienta VISIO se desarrolló el flujo grama presente en la figura 3.8, el cual muestra la secuencia de cada proceso para la construcción de una SE. Es importante mencionar que

existen procedimientos que se desarrollan en paralelo, o es necesario que un porcentaje importante de uno se desarrolle para que el siguiente proceso comience a operar, para ello se desarrolló el siguiente flujo grama que ayuda a entender la interacción y secuencia de la construcción de una sala eléctrica.

Figura 4.1.2 Interacción de procedimientos de construcción de una SE



Fuente: Elaboración propia

El flujo grama presente en la figura 3.9 muestra la interacción real de los procedimientos, la existencia de algunos procesos que se desarrollan de manera paralela y otros que requieren de cierto porcentaje de avance para que el siguiente procedimientos comience con sus operaciones. También, se puede distinguir que existen procesos de pintura por ejemplo, o de conexionado y montaje que se encuentra dividido en varias etapas de producción. Sin embargo, para fines prácticos y de desarrollo de la simulación en ARENA, se tomará en cuenta el flujo grama desarrollado en la figura 3.8, en donde los procesos que están segmentados en le figura 3.9 se encuentran unificados como un solo procedimientos en el flujo grama de la figura 3.8, ya que en base a éste relación de procedimientos, podemos calcular el tiempo de ciclo por cada proceso, ya que es necesario conocer realmente los tiempos que están agregando valor a la sala eléctrica, y así poder identificar cuales presentan realmente demoras y cuáles son las posibles variables que generan los retrasos. Por tanto, serán 8 los procesos que serán simulados en ARENA, correspondientes a Guillotina, Punzonado, Plegado, Armado, Pintura, Montaje, Conexionado y Levantamiento.

Es necesario establecer los tiempos con los cuales se deberá modelar y simular en el software, para ello es importante volver a los análisis desarrollados en la tabla 3.2 la cual

muestra los resultados de los 32 proyectos de 2 módulos que se han realizado. De acuerdo a la tabla, se puede estimar lo siguiente:

Tabla 4.1.1 Tiempos promedio de construcción de una SE

|                | Tiempos de Construcción |        |         |
|----------------|-------------------------|--------|---------|
|                | Teórico                 | Real   | Retraso |
| Sala Eléctrica | 2441,6                  | 3182,4 | 740,7   |

Fuente: Elaboración propia

Por medio de la tabla 3.3 se observa los tiempos promedio calculados para la construcción de las salas eléctricas, en donde teóricamente o por medio del cálculo utilizado por la empresa para estimar el tiempo de construcción de una sala es de 2441,6 horas, pero a partir de la experiencia y el desarrollo de los últimos proyectos de 2 módulos en la organización, el tiempo total de construcción asciende a 3182,4 horas, esto quiere decir que existe un tiempo de espera o de retraso de aproximadamente 740,7 horas por proyecto. Datos que fueron revelados en el capítulo anterior.

Por otro lado, por medio del estudio desarrollado en el capítulo 3, el cual se basó en analizar detalladamente cada proceso, podemos identificar datos relevantes de cada uno de ellos, obteniendo los tiempos mínimos, los tiempos medios y los tiempos máximos de cada uno de los procesos involucrados en la construcción de una SE. Por lo demás, a través de la recolección de información obtenida de la organización, se identificaron los recursos claves necesarios para la producción de cada proyecto en los distintos procedimientos, identificando como recursos claves a los equipos de personas y las grúas, en donde hipotéticamente las herramientas de trabajo y la materia prima están con absoluta disponibilidad para trabajar, por tanto no pertenecen y no serán consideradas como recursos críticos y claves para el desarrollo del modelo. Es por esto que parte de la información recolectada, fue clasificada y organizada en la siguiente tabla, para una mejor comprensión.

Tabla 4.1.2 Datos para la simulación de ARENA

| Información   | Tiempos de Producción |                |               | Recursos Persona |                      |                  | Recurso Grúa                  |
|---------------|-----------------------|----------------|---------------|------------------|----------------------|------------------|-------------------------------|
|               | T. mín (hrs)          | T. Medio (hrs) | T. Máx. (hrs) | Equipos por día  | Personas por Equipos | Personas Por día | Cantidad de Grúa por procesos |
| Guillotina    | 9                     | 10             | 11            | 3                | 4                    | 12               | 0                             |
| Punzonado     | 17                    | 19             | 21            | 3                | 4                    | 12               | 0                             |
| Plegado       | 88                    | 94             | 108           | 3                | 4                    | 12               | 0                             |
| Armado        | 1406                  | 1514           | 1728          | 24               | 4                    | 96               | 3                             |
| Pintura       | 193                   | 208            | 237           | 12               | 4                    | 48               | 1                             |
| Montaje       | 264                   | 284            | 324           | 15               | 4                    | 60               | 0                             |
| Conexionado   | 264                   | 284            | 324           | 15               | 4                    | 60               | 0                             |
| Levantamiento | 26                    | 28             | 32            | 6                | 4                    | 24               | 1                             |

Fuente: Elaboración Propia

La tabla indica los tiempos estimados por la empresa para la construcción de cada sala eléctrica, esto quiere decir que de manera hipotética los tiempos que la organización estima, son aquellos que poseen el mínimo de retrasos y una productividad eficiente, y por tanto las demoras que se podrían generar en la construcción de una Sala Eléctrica son mínimas. Sin embargo, en la realidad existen retrasos que en promedio bordean las 700 horas retraso por cada proyecto aproximadamente, en base a esto, se consideró trabajar con los tiempos estándares o tiempos teóricos de la construcción de sala eléctrica, debido a su eficiencia; esto permitirá simular, conocer los tiempos de retrasos y en que procedimiento se están generando los colas, lo que nos llevará a conocer las posibles soluciones en el caso que existieran.

Para comenzar a generar la simulación en ARENA, es necesario saber cuántos proyectos entran al sistema de construcción, esto quiere decir que cuantos proyectos son los que se están produciendo, semanal, mensual o anualmente, y cada cuanto tiempo llega una orden de trabajo nueva para comenzar a elaborar una nueva sala eléctrica. Para poder estimar la cantidad de salas que se realizarán para el año 2013, es importante analizar otros factores que se podría considerar de manera supuesta, lo que permitiría clarificar el desarrollo de la estimación, para ello debemos basarnos en la cantidad de metros cuadrados que se espera construir para el periodo del 2013, cifra que aumentó considerablemente en los últimos años, en donde la estimación proyectada según cálculos realizados por el personal de la empresa es de 8100 metros cuadrados de SE, por tanto si consideramos que esa cantidad serán utilizadas en la construcción de salas de dimensiones 18x5 mts, lo que

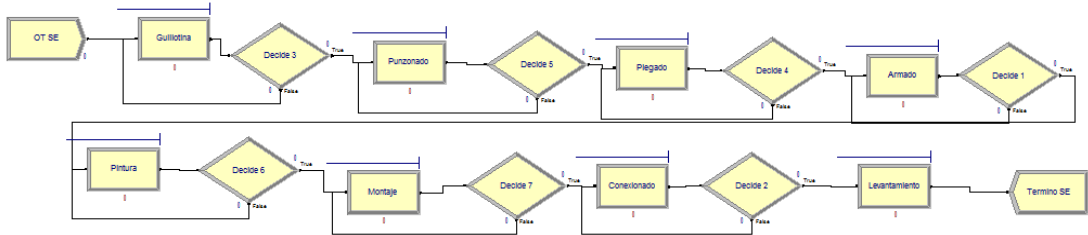
equivale 90 mts cuadrados por sala eléctrica de construcción, entonces si dividimos 8100 mts en 90 mts que es el equivalente a una sala de 2 módulos, podríamos decir que para el año 2013 se confeccionarían aproximadamente 90 salas eléctricas, de las cuales 8 sales eléctricas de 2 módulos se construirían mensualmente para el año 2013. Esto quiere decir que la entrada de órdenes de trabajo que se generarán para la construcción de salas eléctricas durante un mes será de 1 a 8 como máximo.

Por otro lado, y como ya se había mencionado en capítulos anteriores, la empresa en la actualidad se encuentra trabajando con equipos 4 personas, en 3 turnos al día, de 8 horas cada uno y desarrollando los trabajos de Lunes a Viernes, por tanto la organización mensualmente dedica 480 horas disponibles para la llegada de una orden de trabajo, esto nos permitirá establecer que la entrada de cada orden de trabajo se dará de manera uniforme entre 0 y 480 horas, con la llegada de 1 a 8 órdenes de trabajo de construcción de SE, datos que deben ser considerados al momento de la modelación.

Por otro lado, según la tabla 3.4 existe procedimientos que requieren permanentemente el uso de grúas y a la vez la organización solo cuenta con aproximadamente 4 grúas para la construcción de SE, de las cuales 3 de ellas están destinadas para el procedimiento de Armado y la restante es utilizada tanto en el procedimiento de pintura y levantamiento.

Una vez que ya se han conocido los datos relevantes para la simulación es posible generar la modelación en ARENA, en donde cada proceso interactuará según la figura 3.8, y en donde en el término de cada procedimiento existirá una variable decisión referente al control de calidad que existe al finalizar cada procedimientos, con un porcentaje de error del 2% para todos los procesos exceptuando armado, el cual posee un error del 5%, por tanto la diagramación de los procedimientos quedaría estipulada de la siguiente Manera:

Figura 4.1.3 Simulación de la producción de SE en ARENA



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el diagrama de simulación, el procedimiento parte con una orden de trabajo, conduciendo al primer procesos de Guillotina, el cual una vez finalizado se inspecciona y desarrolla un pequeño control de calidad, así sucede con los tiempos restantes hasta finalizar la construcción de la sala. Luego de simular, ARENA proporciona resultados relevantes con respecto a los retrasos en los tiempos de construcción, produciendo retrasos y colas importantes en algunos procedimientos, dentro de los resultados proporcionados por el software, destacan los siguientes:

Tabla 4.1.3 Resultado de los tiempos de ciclo en la simulación de la producción de SE en ARENA

| Datos de modelación de Arena para 20 Repeticiones |                |                |                |
|---|----------------|----------------|----------------|
| Tiempos evaluados                                 | Promedio       | Minimo         | Máximo         |
| Tiempo de Valor Agregado (Hrs)                    | 2653,89        | 2493,39        | 3287,04        |
| Tiempo no agrega Valor (Hrs)                      | 0              | 0              | 0              |
| Tiempos de Espera (Hrs)                           | 745,07         | 0              | 1639,8         |
| Tiempo de Transferencias (Hrs)                    | 0              | 0              | 0              |
| Otros (Hrs)                                       | 0              | 0              | 0              |
| <b>Total</b>                                      | <b>3398,96</b> | <b>2493,39</b> | <b>4926,84</b> |

Fuente: Elaboración en propia en base a la información entregada por el Software Rockwell Arena.

Tabla 4.1.4 Resultado de las colas en la simulación de la producción de SE en ARENA

| Resumen Detalle de Colas 20 Repeticiones |                  |                   |
|--|------------------|-------------------|
| Procesos                                 | Tiempo de Espera | Numero de Esperas |
| Cola Armado                              | 664,67           | 0,87              |
| Cola Conexionado                         | 0                | 0                 |
| Cola Guillotina                          | 0                | 0                 |
| Cola Levantamiento                       | 32,35            | 0,04              |
| Cola montaje                             | 0                | 0                 |
| Cola Pintura                             | 35,59            | 0,05              |
| Cola plegado                             | 7,12             | 0,01              |
| Cola Punzonado                           | 0                | 0                 |
| <b>Total</b>                             | <b>739,73</b>    | <b>0,97</b>       |

Fuente: Elaboración en propia en base a la información entregada por el Software Rockwell Arena

El proceso de Armado, es uno de los procesos donde existe mayor cantidad de retraso, así lo demuestra la simulación generada. Por tanto, a partir de los datos generados por el software de simulación se valida el análisis desarrollados en el capítulo 3, donde se destaca justamente que los procedimientos con mayor cantidad de retrasos provienen de Metalmecánica, específicamente del Armado.

Tabla 4.1.5 Tiempos de producción en Metalmecánica.

| Metalmecanica              | Tiempo de producción teórica | Retrasos ARENA | Tiempo total de producción | Tiempo real actual |
|----------------------------|------------------------------|----------------|----------------------------|--------------------|
| Guillotina                 | 9,46                         | 0              | 9,46                       | 16,68              |
| Punzonado                  | 18,93                        | 0              | 18,93                      | 30,6               |
| Plegado                    | 94,64                        | 7,12           | 101,76                     | 132                |
| Armado                     | 1514                         | 664,67         | 2178,67                    | 2163               |
| <b>Total Metalmecánica</b> | <b>1637,03</b>               | <b>671,79</b>  | <b>2308,82</b>             | <b>2342,28</b>     |

Fuente: Elaboración Propia

La tabla anterior, muestra los tiempos de producción de la construcción de una SE, los teóricos, los reales y los simulados en ARENA con sus respectivas demoras. Entre los tiempos simulados y los reales, existe una pequeña diferencia y donde existe una

concordancia del retraso que se genera en metalmecánica muy similar entre el proceso de ARENA y los tiempos reales de producción.

Por otro lado, la diferencia entre los tiempos reales de los procesos de Pintura, Montaje, Conexión y Levantamiento, no son muy relevantes en comparación a los tiempos de retraso en Metalmecánica, por tanto el enfoque principal para la continuación del análisis de la producción de salas eléctricas se enfocará en los procesos de guillotina, punzonado, plegado y armado, pertenecientes a metalmecánica, con el fin de poder detallar aún más las actividades que se realizan en estos procedimientos y así identificar cuáles son las actividades donde no se está generando valor y cuáles son las actividades que están produciendo retrasos o si la cantidad de recursos no es la adecuada para la producción de las SE.

## 4.2. VSM Value Stream Mapping o Flujo de mapa de valor

Este estudio contempla los tiempos de fabricación de manera detallista en cada proceso que compone el área de metalmecánica. Se considera como estándar para objeto de estudio una sala de 18 x 5 mts ya que 80% de las Salas son mayor a 2 módulos y cada módulo es de 9x5 mts, así como se ha mencionado en los capítulos anteriores.

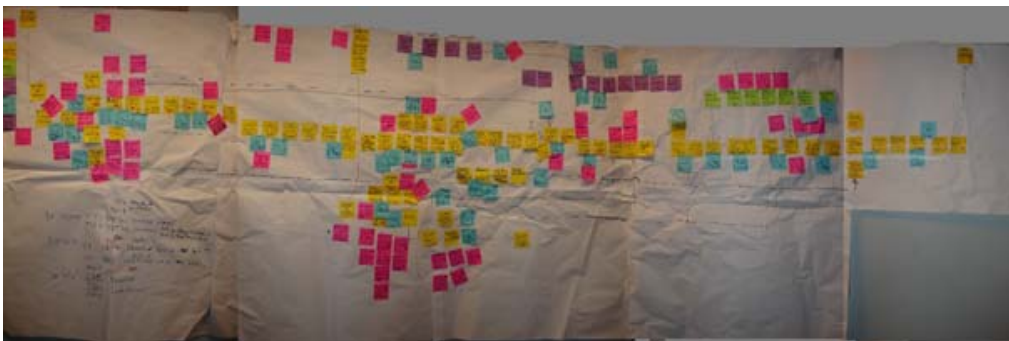
Para poder realizar esta actividad, se desarrollaron 5 sesiones de tiempo completo para ir analizando paso a paso el proceso de metalmecánica, el cual arrojó una mayor cantidad de tiempo de retraso dentro del resto de las actividades.

### Tiempos de Proceso

Se juntó a un grupo de trabajadores del area para verificar cuánto es el tiempo que se demoran en fabricar cada mts<sup>2</sup> de sala. De acuerdo a esto, el estudio contempla los tiempos de proceso a nivel de detalle para poder observar cuales son las etapas que generan las largas esperas. Para ello se utilizan las siguientes herramientas.

- VSM (Value stream Mapping) o flujo de mapa de valor

Figura 4.2.1 VSM Estado Actual



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se demuestra el trabajo hecho en terreno con respecto al análisis de los procesos y actividades contempladas en Metalmecánica, mostrando datos interesantes para nuestro posterior desarrollo. Es importante mencionar que la intervención

desarrollada en esta área se denomina Evento Kaizen de VSM, y en el cual participaron personas de distintos departamentos que interactúan en los procesos de Metalmecánica, además de los trabajadores de los procesos analizados.

El resultado de la actividad en el desarrollo del estado actual obtuvimos los datos que se muestra en la tabla 4.2.1, que se muestra a continuación.

Tabla 4.2.1 Actividades que agregan valor v/s actividades que no agregan valor.

|                      | <b>Agrega Valor</b> |                 |                    |                 |              |
|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------|
|                      | <b>VA</b>           | <b>NVA ext.</b> | <b>NVA Calidad</b> | <b>NVA Grúa</b> | <b>Total</b> |
| <b>Metalmecánica</b> | 56                  | 5               | 5                  | 21              | 87           |

Elaboración: Elaboración Propia

En la tabla, la información importante a rescatar es la cantidad de micro actividades que se realizan. Se observa que las actividades que no generan valor (NVA) o tiempos de esperas, son 31 tipos de éstas, las que representan al 3 % de las actividades que se realizan en el proceso de metalmecánica, mientras que las actividades que sí generan valor son 56, las cuales representan a un 64% del proceso.

De las actividades que no generan valor, un 16,12% de ellas son de esperas por externos a la compañía, 16,12 % es de las esperas de control de calidad y un 51,64% es por esperas de Grúas en diversos procesos.

Gráfico 4.2.1 Cantidad de actividades que generan Valor



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.01. Explicación del proceso

El proceso de metalmecánica comienza con el recibimiento con una espera por parte del proveedor de los materiales que vienen de arenado y anticorrosivo. Éste material es recibido y revisado por control de calidad para que puedan ser entregados para el dimensionado de cerchas, vigas perfiles y planchas de Piso.

Luego de esto, comienza el biselado de las vigas y la unión de empalme Z. Para realizar los movimientos necesarios para actividad se utilizan grúas horquillas para su movimiento, es importante destacar que los tiempos de movimiento de grúa horquilla son despreciables en ésta actividad.

Una vez que control de calidad realiza la inspección se procede a perforado y envigado para luego realizar limpieza y posturas de canaletas.

Control de calidad realiza la inspección para dar su aprobación y comenzar con el armado de piso y nivelación aplicando Contra flecha. En estos procesos existen tiempos de esperas por grúa y por la inspección de calidad.

Una vez nivelado y armado el patín, se realiza la colocación de las planchas de piso y a nivelación de este. Nuevamente tenemos esperas por Grúa.

Aprobado la inspección de calidad se instalan los muros frontales y laterales, para luego colocar las cerchas, los reticulados de cielo, vigas y los forros externos.

Una vez aprobado el control de calidad, se instalan los forros interiores, cielo y planchas de techo

Por último, control de calidad a revisa los trabajos realizados anteriormente se instalan los pines y se nivela.

Con respecto a los tiempos de producción nos encontramos con la siguiente tabla:

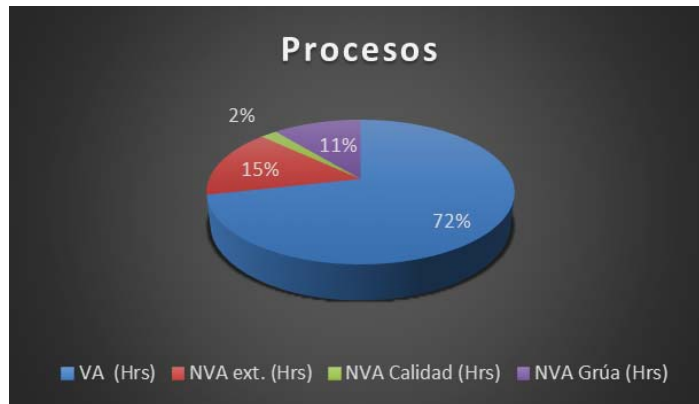
#### 4.2.02. El tiempo total de producción

Tabla 4.2.2 Tiempo de actividades que Generan valor v/s las que no generan valor

|                      | VA (Hrs) | NVA ext. (Hrs) | NVA Calidad (Hrs) | NVA Grúa (Hrs) | Tiempo Total (Hrs) |
|----------------------|----------|----------------|-------------------|----------------|--------------------|
| <b>Metalmecánica</b> | 1976,5   | 425            | 57                | 305            | 2763,5             |

Fuente: Elaboración propia

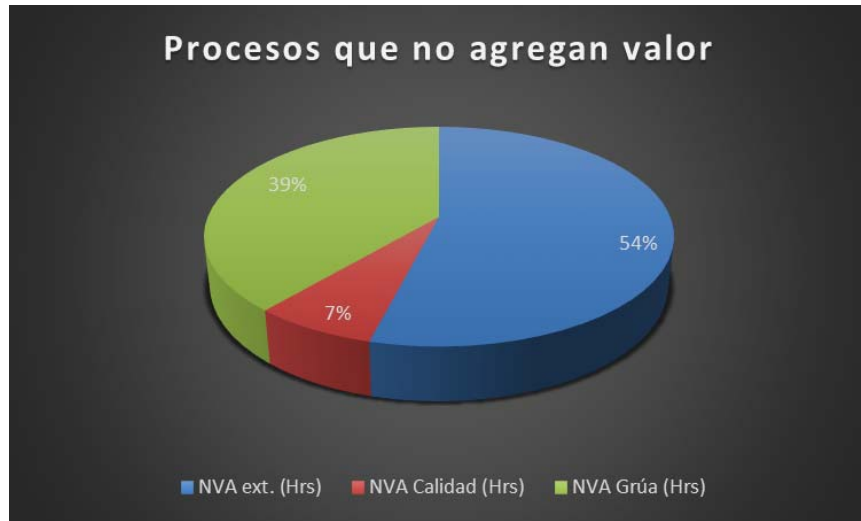
Gráfico 4.2.2 Tiempo de actividades que Generan valor v/s las que no generan valor



Fuente: Elaboración propia

En la tabla podemos observar que el tiempo total de la producción es 2763,5 hrs lo que significa que un 72% del tiempo es de valor agregado mientras que el 28% del tiempo no agrega valor, sin embargo del 28% que no agregan valor, el 54% de las esperas son por parte externa (proveedores), 39% de grúas y un 7% de espera a Control de Calidad

Gráfico 4.2.3 Procesos que no agregan valor



Fuente: Elaboración Propia.

Debido a que los tiempos de espera externos son producidos por parte de los proveedores, sólo nos centraremos en solucionar las problemáticas internas de retrasos en las actividades de cada uno de los procedimientos de metalmecánica. Y aún más, nos enfocaremos directamente en las esperas producidas por grúas.

Siguiendo con el análisis podemos ver que nuestro proceso se encuentra en total desequilibrio. El siguiente gráfico nos muestra los tiempos de los procesos los cuales se encuentran sobrepasados y que no generarían tiempos de espera.

Gráfico 4.2.4 Gráfico de Balanceo



Fuente: elaboración Propia

#### 4.2.03. Cálculo de operadores.

Los tiempos que tenemos en el VSM son de HH que registran 1 equipo de 4 personas necesitamos calcular el takt time de la demanda, para poder calcular cuantas personas necesitamos y así poder satisfacer las necesidades del cliente.

El Takt time lo obtenemos con la formula

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo Disponible}}{\text{Demanda}}$$

La demanda esperada para éste año, es de construir 8100 m<sup>2</sup> de salas aproximadamente, el tamaño de las salas estándar en las cuales estamos basando en análisis es de 18x5 m, o sea, cada módulo es de 90 m<sup>2</sup> lo que significa que cada mes deberíamos construir 7,5 ≈ 8 salas.

Además tenemos que nuestro tiempo disponible a la semana es de 130,5 horas en 3 turnos (522h). De acuerdo a esto nuestro takt time es

$$\text{Takt time} = \frac{130,5 \times 4 \text{ horas mes}}{8 \text{ Unidades}} = 65 \text{ horas/mes}$$

Nuestro tiempo de ciclo es de 1976,5h, así que podemos determinar cuántas personas necesitamos para cumplir la demanda mensual (manning) con la siguiente fórmula;

$$Manning = \frac{\text{Tiempo de Ciclo}}{\text{Takt Time}}$$

Por lo que tenemos lo siguiente:

$$Manning = \frac{1976,8 \text{ horas}}{65 \text{ horas mes}} = 30,4 = \text{personas por turno}$$

Esto significa que actualmente se necesitan 31 personas por turno para poder realizar el trabajo en metalmecánica, contabilizando que en el estado actual se consideran 3 turnos continuos de trabajo, podemos deducir que durante un día de trabajo se requieren de 93 personas para cumplir con el desarrollo de las actividades productivas.

Tabla 4.2.3 Tabla de Recursos

| Hoja de Recursos Actual     |                                 |                                  |                       |
|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| Tiempo Ciclo                | 1977 hrs                        | Dias por Sem                     | 5 Días                |
| Esperas Internas            | 362 hrs                         | Horas Disp por Dia               | 104 Hrs/Dias          |
| Tiempo Total                | 2339 hrs                        | Dias de trabajo de Metalmecanica | 22,40 Días de Trabajo |
| Horas Disp Sem por Operador | Hrs/operador/semana<br>130,5 na | Personas por Día                 | 12 Personas/dias      |
| # turnos                    | 3 Turnos                        | # de Módulos por mes             | 8 Modulos/mes         |
| # Operarios por Módulos     | 4 Operarios                     | Cantidad de Personas por turno   | 31 Personas/Turnos    |
| Horas Disp por Sem          | 522 Hrs/Semanas                 | Cantidad de personas por dia     | 93 Personas/ Días     |

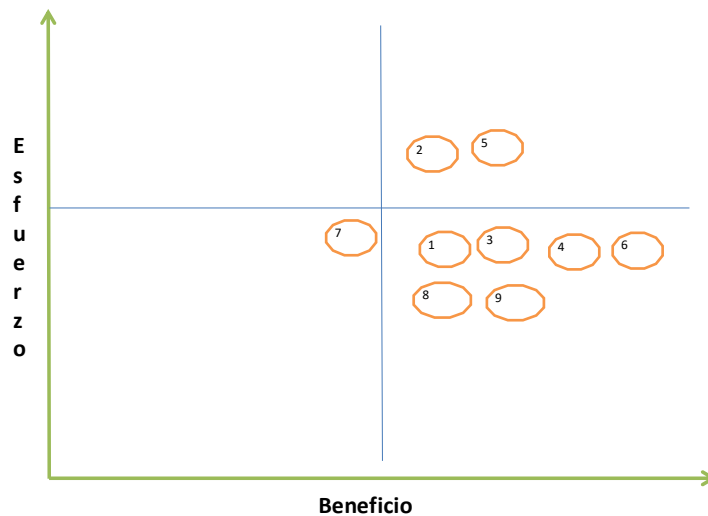
Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.04. Oportunidades de Mejora:

El Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) como herramienta de la “Lean Manufacturing” busca poder dar una visión global a todas las variables que no alcanzamos a ver como empresa y que no podemos solucionar o mejorar, es por eso, que en este caso se elige el “VSM” como mejor alternativa para llegar eficazmente a la raíz del problema.

Las oportunidades que se encontraron generaron un listado de actividades a realizar para mejorar el tiempo de esperas. Las acciones más importantes fueron clasificados según la matriz esfuerzo beneficio para su resolución. La clasificación fueron Gema (bajo esfuerzo y alto beneficio), Estratégicas (alto esfuerzo y alto beneficio) Quick hits (Bajo esfuerzo y bajo beneficio) y por ultimo las Don't go (alto esfuerzo y bajo beneficio) como se muestra en la figura más abajo.

Figura 2 Matriz Esfuerzo - Beneficio



Fuente: Elaboración propia

Dentro de las oportunidades de mejora más importantes se destacan la siguiente:

- Altas esperas por solicitudes y esperas de Grúas para iniciar actividades,
- Grandes desperdicios en búsqueda de materiales y herramientas,
- Problemas con la iluminación en la planta en los turnos de noche

- Excesos de desperdicios por corte de material para aislamiento

El control en los procesos es fundamental, ya que evita que existan defectos que haya que corregir en el futuro, o el re-trabajo. Las causas principales del re-trabajo son: los procesos ineficientes, variaciones excesivas en el proceso de producción, falta de control, decisiones administrativas inadecuadas, capacitaciones inadecuadas, mala distribución de la planta, manejo excesivo de materiales, falta de liderazgo en el tema de calidad y el principal es el desconocimiento actual de los problemas.

El mover los productos de un lugar a otro se traduce en una pérdida de tiempo considerado como tiempo innecesario dentro de los tiempos de trabajo. Además esto implica un costo y no agrega valor hacia el cliente. Las principales características de esta "Muda" son los demasiados sitios de almacenamiento, inadecuado diseño y aprovechamiento de la planta, distancias largas entre procesos o demasiadas personas dedicadas al transporte del material. Estas características son ocasionadas a partir de programas inconsistentes de producción, cambios en los productos sin hacer cambios en los procesos (tomando en cuenta que como son proyectos siempre está expuesta al cambio de pequeños detalles) y por sobre todo la mala organización en los lugares de trabajo.

Los tiempos perdidos cuando un operario espera el material (nombrado anteriormente), e incluso cuando espera instrucciones de su superior. Las características de las esperas que generalmente se producen son: el operador espera que la máquina termine su ciclo de funcionamiento, tiempos innecesarios en cambios de orden OT, distracción de los trabajadores en la espera del otro, o cuando se toman tiempo para realizar actividades personales tales como ir al baño o fumarse un cigarrillo, paro indebido en la maquinaria, estar en espera a la orden de un supervisor. Estas esperas deben ser corregidas realizando una programación de los trabajos diariamente, aumentar el proceso de control (ya antes mencionado), equilibrar las cargas laborales de los trabajadores que sea acuerdo a sus condiciones y que no provoque cansancio ni sobre explotación, aumentar la especialización de los operarios que realmente lo necesiten. Y por sobre todo realizar programas de distribución de materiales y motivación laboral, que es uno de los factores que se encontró dentro en la parte de producción.

Después de analizar las oportunidades de mejora, elegimos las herramientas de lean para poder solucionar las oportunidades detectadas en el paso anterior y poder cumplir las expectativas propuestas.

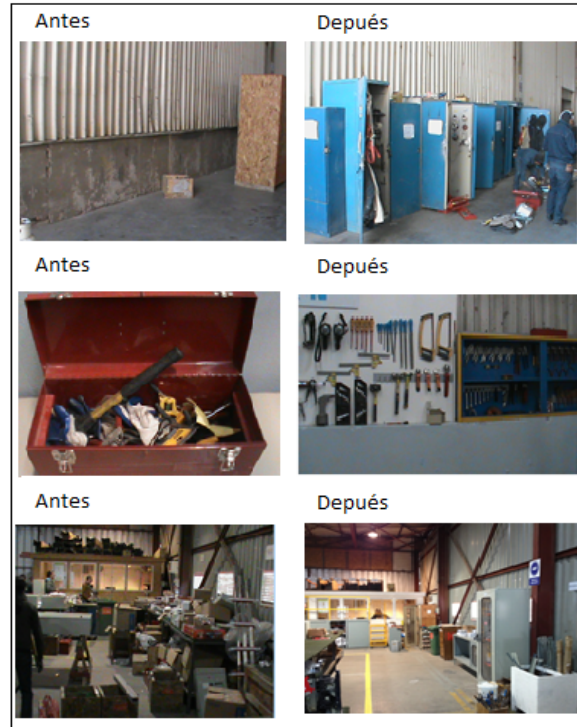
Tenemos tiempos de esperas directamente relacionado con las grúas ya que como se mencionó anteriormente tenemos 305 horas de esperas por Grúas.

Algunos de los problemas tales como Inventario, procesos de más, problemas de espacio que afectan directamente a los costos de la producción.

#### **4.2.05. Movimientos innecesarios (Organización y personas)**

Este punto se refiere al traslado de los trabajadores de un lugar a otro, una de las características que se detectaron fueron que los trabajadores (cuadrilla generalmente) no tenía un lugar fijo de trabajo, lo que provoca autonomía de movimiento por la planta. Pero a pesar de esto, no son los únicos movimientos innecesarios que ocurren dentro de la planta. Las características de los movimientos innecesarios son el tiempo que se emplea en localizar el material y herramientas, en localizar personas dentro de la planta para las instrucciones, y los movimientos personales que los trabajadores quieren evitar la carga laboral diaria. Las causas de estos movimientos pueden ser a partir de la distribución de la planta, métodos de trabajo mal definidos y sin actualizar, los trabajadores no dan su máxima capacidad, poco control

Figura 4.2.3 Fotos del antes y después de Eventos Kaizen 5´S+



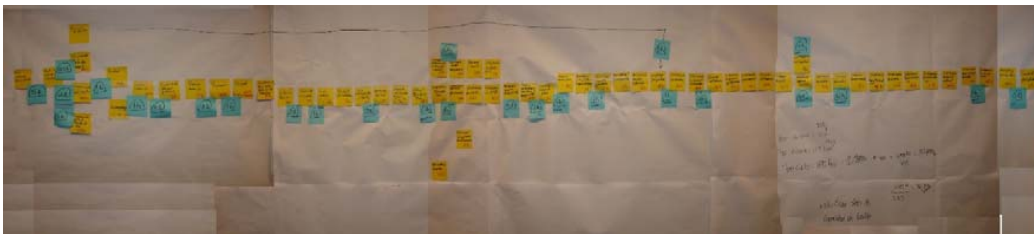
Fuente: Elaboración Propia

Estos lugares de la planta han sido mejorados gracias a los eventos Kaizen 5´S+ y la estandarización de algunos procesos (como se muestra en la figura anterior) y que se han realizado en planta

## Estado Futuro:

Una vez ya creado el plan de acción del estado actual, se procede a desarrollar el estado Futuro al cual se quiere llegar. Lo que se trata de buscar con esto es poder mejorar las esperas que se encontraron en el mapa anterior, es por eso que su creación depende mucho del estado actual, así poder llegar a los objetivos propuestos en el principio de ésta memoria.

Figura 4.2.4 Mapa de estado Futuro



Fuente: Elaboración Propia.

Los tiempos nuevos que consideramos en el estado actual son los siguientes es de 1927,5 h mientras que las esperas son de 27 h, como en el enunciado teníamos que el tercer turno desmotiva, la idea es evaluar una nueva alternativa para poder cumplir la demanda asignada y mejorar la calidad de vida de los trabajadores.

Al pasar de 3 turnos a 2 turnos nuestro tiempo disponible disminuye y es por los que tenemos que calcular nuevamente el Takt Time

$$\text{Takt time} = \frac{86,6 \times 4 \text{ horas mes}}{8 \text{ Unidades}} = 42,75 \text{ horas/mes}$$

Nuestro tiempo de ciclo es de 1927,5h, así que podemos determinar cuántas personas necesitamos para cumplir la demanda mensual (manning) por lo que tenemos lo siguiente:

$$\text{Manning} = \frac{1927,5 \text{ horas}}{42,75 \text{ horas mes}} = 45,09 = \text{personas por turno}$$

Esto significa que actualmente necesitamos 46 personas por turno para poder realizar el trabajo en metalmecánica, contabilizando que en el estado actual se consideran 2 turnos, podemos decir que al día se necesitan 92 personas al día.

#### 4.2.06. Plan de acción.

Con el plan de implementación debe ser creado y debe estar alineado con la mejorar los tiempos de construcción, es por eso que la tabla 4.2.4 representa los resultados de ésta.

Tabla 4.2.4 Plan de acción del VSM

| N° | Plan de acción  | Costo      | Responsable | Descripción   | Plazo       |
|----|---|------------|-------------|---|-------------|
| 1  | Realización de eventos Kaizen 5S en las áreas productivas (Metalmecánica)     | 250.000    | A.G         | Materiales e  | 30/12/2013  |
| 2  | Realización de VSM pintura, conexiónado,                                      | 0          | AG          |   | 30-03-20144 |
| 3  | Realización de eventos Kaizen 5S de TPM Para el mantenimiento de las Maquinas | 0          | A.G         | Áreas de Mantenimiento, Maquinas, Servicios Generales,  | 30/11/2013  |
| 4  | Instalación de 3 torres de iluminación patio para el turno de noche           | 4.255.000  | A.G         | Instalación de 3 torres de iluminación en patio por dificultad de visión en el turno de noche | 30/06/2013  |
| 5  | Realización de Hojas de Trabajo Estándar para los procesos de la Planta       | 0          | M.J         | Reuniones d   | 30/03/2014  |
| 6  | Compra de 2 Grúa Horquilla para el proceso Metalmecánica y pintura 3,5 Ton    | 25.200.000 | C.P         | .+ Iva  | 30/11/2013  |
| 7  | Compra de 10 Biombos para Soldadores por tema de seguridad                    | 886.690    | H.C         | Compra de material y construcción, fabricación en planta                                      | 30/09/2013  |
| 8  | Contratación de 1 personas de control de Calidad para el turno de Noche       | 7.800.000  | RRHH        | Costo anual   | 30/11/2013  |
| 9  | 2 Operadores de Grúa  | 8.400.000  | RRHH        | Costo Anual   | 30/11/2013  |

Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Simulación ARENA

Una vez desarrollado el VSM, como vimos con anterioridad, se mostró que existían procedimientos y actividades que no generaban valor en la producción, así como los tiempos de esperas que están existiendo en metalmecánica. Uno de las razones por las cuales se tiene un retraso en las actividades generando tiempos de espera o tiempos que no generan valor en la cadena productiva, es debido a que la cantidad de grúas destinadas para ese proceso no son suficientes, por tanto es necesaria la incorporación de una grúa para el proceso de armado.

Sin realizar modificaciones en la simulación desarrollada, en cuanto al orden, flujo de procedimientos e interacción entre estos, solo se desarrolló modificaciones en los recursos de grúa para el proceso de Armado.

Al volver a realizar la simulación, se observó que el tiempo de espera en proceso de Armado disminuyó de 664 a 280 horas aproximadamente, esto refleja una disminución de 380 Horas, solo con aumentar la disponibilidad del recurso grúa para el proceso de Armado.

Pero, si se observa el resto de los procedimientos, tenemos que levantamiento y pintura aumentaron el nivel de esperas, esto se debe a que si el proceso de armado es más eficiente es posible generar colas en los procesos que vienen ya que se agiliza su procesamiento, además existe un recurso compartido entre pintura y levantamiento, este recurso también representa una grúa, y es ocupada en ambos procesos.

Los resultados obtenidos en la nueva simulación de Arena con el aumento de recursos para el proceso de Armado, se refleja en la siguiente tabla comparativa entre los resultados iniciales y los obtenidos con el aumento del recurso grúa:

Tabla 4.3.1 Comparación de resultado de Simulación en Arena

| Tabla comparativa de antes y después de la primera opción de mejora (20 repeticiones) |                                   |                   |                                   |                   |
|---|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Procesos  | Simulación con recursos iniciales |                   | Simulación con mejora de recursos |                   |
|   | Tiempo de Espera                  | Numero de Esperas | Tiempo de Espera                  | Numero de Esperas |
| Cola Armado   | 664,67                            | 0,87              | 280,29                            | 0,44              |
| Cola Conexionado  | 0                                 | 0                 | 0                                 | 0                 |
| Cola Guillotina   | 0                                 | 0                 | 0                                 | 0                 |
| Cola Levantamiento  | 32,35                             | 0,04              | 98,09                             | 0,14              |
| Cola montaje  | 0                                 | 0                 | 0                                 | 0                 |
| Cola Pintura  | 35,59                             | 0,05              | 42,99                             | 0,07              |
| Cola plegado  | 7,12                              | 0,01              | 9,82                              | 0,02              |
| Cola Punzonado  | 0                                 | 0                 | 0                                 | 0                 |
| Total   | 739,73                            | 0,97              | 431,19                            | 0,67              |

Fuente: Elaboración en propia en base a la información entregada por el Software Rockwell Arena

Si volvemos a simular la construcción de salas eléctricas y en esta oportunidad adicionamos una grúa más de recursos, pero esta vez será ocupado por los procesos de levantamiento y pintura, con un total de 6 grúas de recursos para la construcción de una sala eléctrica, podremos obtener resultados distintos a los simulados con anterioridad. Por tanto al adicionar una grúa más tendremos lo siguiente.

Tabla 4.3.2 Resultado de Simulación en Arena

| Tabla comparativa de antes y después de la primera opción de mejora (20 repeticiones) |                                   |                   |                                   |                   |                                   |                   |
|---|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Procesos  | Simulación con recursos iniciales |                   | Simulación con mejora de recursos |                   | Simulación con mejora de recursos |                   |
|   | Tiempo de Espera                  | Numero de Esperas | Tiempo de Espera                  | Numero de Esperas | Tiempo de Espera                  | Numero de Esperas |
| Cola Armado   | 664,67                            | 0,87              | 280,29                            | 0,44              | 315,33                            | 0,49              |
| Cola Conexionado  | 0                                 | 0                 | 0                                 | 0                 | 0                                 | 0                 |
| Cola Guillotina   | 0                                 | 0                 | 0                                 | 0                 | 0                                 | 0                 |
| Cola Levantamiento  | 32,35                             | 0,04              | 98,09                             | 0,14              | 31,73                             | 0,05              |
| Cola montaje  | 0                                 | 0                 | 0                                 | 0                 | 0                                 | 0                 |
| Cola Pintura  | 35,59                             | 0,05              | 42,99                             | 0,07              | 3,19                              | 0,01              |
| Cola plegado  | 7,12                              | 0,01              | 9,82                              | 0,02              | 9,82                              | 0,02              |
| Cola Punzonado  | 0                                 | 0                 | 0                                 | 0                 | 0                                 | 0                 |
| Total   | 739,73                            | 0,97              | 431,19                            | 0,67              | 360,07                            | 0,57              |

Fuente: Elaboración propia en Software Arena

Los tiempos de levantamiento se redujeron al igual que los de pintura, en comparación con la simulación anterior, aun así el tiempos en armado volvió a aumentar, pero un tiempo menor a los reales que se estaban produciendo (la espera en este proceso representa la mitad del tiempo real aproximadamente).

Por otro lado, se podría suponer que los recursos de persona en este proceso en particular podrían estar influenciando en el retraso y la generación de colas o tiempos de espera. Sin embargo la reducción de tiempo es considerable al incrementar los recurso de grúas, lo que como medida de corto plazo, es importante para la disminución de tiempos y acortar el retraso y cumplir con las metas de entrega propuestas.

## **5. Capítulo 5**

### **5.1. Evaluación del impacto económico de las medidas**

En este capítulo se basa en identificar los costos asociados a la disminución que permiten obtener una disminución de tiempos con respecto a la construcción de salas eléctricas.

Según la modelación en ARENA, se puede identificar el aumento de 2 grúas lo que conlleva a que existe una mayor eficiencia en los trabajos y provoque una disminución en los tiempos de espera, por tanto es necesario considerar que la compra de una nueva grúa, que será utilizada para el área de Metalmecánica, exclusiva para el procesos de Armado, ayudará a disminuir los tiempos de espera de la producción de salas eléctricas, asimismo con adición de una grúa que será distribuida en los procesos de Pintura y Levantamiento, esto permitirá mejorar los tiempos en la construcción de salas eléctricas.

Por tanto, es necesario generar una evaluación de la implementación de nuevas grúas para el año siguiente, para ello, se consideró la necesidad de realizar una cotización del valor económico de estas recolectando información de portales en internet y páginas webs de empresas encargadas de proveer este tipo de maquinarias, además se consultó información de la propia empresa con respecto al arriendo de grúas por horas de trabajo, ya que ésta sostiene acuerdos con empresas establecidas para proporcionar este tipo de servicios, para ello se consideró desarrollar la siguiente tabla mostrando los costos aproximados que tendría la implementación 2 grúas horquillas para el proceso de construcción de salas eléctricas, quedando de la siguiente manera:

Tabla 5.1.1 Arriendo de Grúa

| ARRIENDO GRÚA HORQUILLA (1 año de trabajo)            |  |  |                  |                           |                          |                  |
|---|--|--|------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|
| Cantidad  | Grúa                                   | Características  | Horas de trabajo | Valor por Hora de trabajo | Salas Eléctricas anuales | Total Anual      |
| 1   | Grúa Horquilla Mecanizado              | GRUA HORQUILLA 3.5 TON GASOLINA / LPG                                      | 1600             | \$ 4.000                  | 96                       | \$ 614.400.000   |
| 1   | Grúa Horquilla Pintura y Levantamiento | GRUA HORQUILLA 3.5 TON GASOLINA / LPG                                      | 230              | \$ 4.000                  | 96                       | \$ 88.320.000    |
| 2   | Operador Grúa Mecanizado               | Operar la grúa Horquilla incorporada al proceso de mecanizado              | 1600             | \$ 2.000                  | 96                       | \$ 614.400.000   |
| 2   | Operador Grúa Pintura Leva             | Operar la Grúa Horquilla Incorporada al proceso de Pintura y Levantamiento | 230              | \$ 2.000                  | 96                       | \$ 88.320.000    |
| Costo Total de Implementación de mejora de Simulación |  |  |                  |                           |                          | \$ 1.405.440.000 |

Fuente: Elaboración Propia

El arriendo de una grúa Horquilla, para el trabajo de construcción de una sala eléctrica, valorizada en un año, es de aproximadamente \$1.405.440.000 CLP, esto involucra el arriendo de la máquina por la cantidad de horas de trabajo en cada procedimientos, adicionando la cantidad de salas que se deben construir en un año, lo mismo sucede para el caso de los trabajadores, los cuales se les asignó una remuneración de acuerdo a las horas que trabajarán en los procesos, indicando que son 2 operadores para cada turno que se realizará.

En el caso contrario, si la organización decidiera comprar las grúas Horquillas y contratar a los operarios de plazo fijo para trabajar en la organización, los costos de la propuesta estarían reflejada de la siguiente manera:

Tabla 5.1.2 Compra de Grúa Horquilla

| COMPRA GRÚA HORQUILLA                                 |  |  |        |               |
|---|--|--|--------|---------------|
| Cantidad  | Grúa                                   | Características  | Moneda | Valor         |
| 1   | Grúa Horquilla Mecanizado              | GRUA HORQUILLA 3.5 TON GASOLINA / LPG                                      | CLP    | \$ 12.500.000 |
| 1   | Grúa Horquilla Pintura y Levantamiento | GRUA HORQUILLA 3.5 TON GASOLINA / LPG                                      | CLP    | \$ 12.500.000 |
| 2   | Operador Grúa Mecanizado               | Operar la grúa Horquilla incorporada al proceso de mecanizado              | CLP    | \$ 8.400.000  |
| 2   | Operador Grúa Pintura Leva             | Operar la Grúa Horquilla Incorporada al proceso de Pintura y Levantamiento | CLP    | \$ 8.400.000  |
| Costo Total de Implementación de mejora de Simulación |  |  |        | \$ 41.800.000 |

Fuente: Elaboración propia

Los costos para un año de trabajo ascenderían a \$41.800.000 CLP, esto incluiría la compra de 2 grúas horquillas y 4 operadores, dos para cada grúa en cada turno de trabajo, lo que es absolutamente más económico que la opción de arrendar las grúas horquillas y trabajar con los operadores de acuerdo a la cantidad de trabajo que deben desarrollar anualmente.

La implementación de una grúa Horquilla para al proceso de Armado y una para los procesos de Pintura y Levantamiento, traerían beneficios importantes de reducción de tiempo, solo si consideramos las mismas condiciones de trabajo de la simulación lo que provocaría una disminución superior a las 300 horas de trabajo.

Por otro lado, es importante mencionar que la forma de amortiguar los costos asociados a la implementación y compra de grúas horquillas para el proceso productivo, se centrará en la disminución de turnos de trabajo y la disminución de tiempos de acuerdo a la simulación desarrollada, tal cual fue descrito en capítulos anteriores, de acuerdo a esto, se desarrolló la siguiente tabla de beneficio económico, estimativo real en base a la información generada por la simulación y los planes de mejora, detallado de la siguiente manera:

Tabla 5.1.3 Estimación de ahorro económico en base a la disminución de tiempos

| Beneficio económico por disminución de tiempo                         |                          |
|---|--------------------------|
| Promedio de salas consutriudas al mes según lo proyectado en el 2013  | 8                        |
| Ahorro estimativo de hrs-hombre por sala consutruida según simulació  | 350                      |
| Precio promedio por hora de trabajo por cuadrilla (\$10.000 /persona) | \$ 40.000,00             |
| <b>Total de Ahorro</b>  | <b>\$ 112.000.000,00</b> |

Fuente: Elaboración propia.

A través de la tabla, se demuestra que mensualmente existe un ahorro de \$112.000.000 de pesos, que la empresa estaría ahorrando solo con la incorporación de 2 grúas horquillas a los procedimientos, la cual se permitiría costear el ingreso de estos recursos en el primer mes de funcionamiento de éstas.

## **6. Capítulo 6**

### **6.1. Conclusión**

La construcción de una sala eléctrica, es un proceso largo que requiere tiempo y trabajo de distintas áreas y procedimientos para la elaboración de ésta, y a pesar de que existe una planificación de la cantidad de áreas que serán involucradas y una estimación de tiempo de cuánto demorará la organización para la finalización de cada proyecto, nunca se pudo acertar con las entregas a tiempo por cada uno. Sin embargo, en base a un estudio detallado de los procedimientos que existen en la organización y la manera de planificar y calcular las demoras en cada proceso, se pudo identificar cuáles son las problemáticas más comunes en la organización, que de alguna manera producen retardos por cada procesos.

La primera estimación desarrollado se pudo observar en base a la información recolectada de la organización, tanto en los tiempos de demora actual y los estimados por la organización (tiempos estándar), en donde se logró clasificar cuáles eran los procedimientos que más influencia tenían en el retraso, resaltando que a pesar de que existía una demora en todos los procedimientos de construcción, habían actividades que sobrepasan los tiempos estimados, tal fue el caso del proceso de Armado, que tenía un tiempo estándar estimado de 1500 horas de trabajo, del cual realmente tardaba 2160 horas, por tanto, las actividades a desarrollar en este procedimiento tardaban 660 horas más de lo pronosticado. Por tanto, se estableció que los procesos de Metalmecánica, que involucraba a guillotina, punzonado, plegado y Armado, que eran los procedimientos con mayores retrasos en la organización, por tanto estos podrían ser el cuello de botella que perjudicaría a la empresa en los tiempos de producción.

Para corroborar la información fue necesario desarrollar una simulación en ARENA (Software de simulación de procesos productivos), y así obtener una segunda opinión en base a lo que ya se había establecido por medio de los tiempos entregados por la organización. Sin duda, al momento de simular en base a los tiempos estándares (teóricos) de producción, ARENA arrojó resultados similares a los que ya la organización había identificado, estableciendo que el proceso de Armado en metalmecánica es uno de los que

presenta mayor retraso, el cuello de botella de la organización que es justamente ahí donde se producen los retrasos perjudicando al resto de los procedimientos aproximándose en los tiempos de demora de aproximadamente 650 horas aproximadamente para el proceso de metalmecánica. Como solución a eso, se decidió desarrollar una evaluación y análisis más detallados a los procesos de guillotina, punzonado, plegado y armado, a fin de conocer las causas que estaban provocando la demora en las actividades, para el desarrollo de esto se utilizó las herramientas de VSM (Value Stream Mapping) Mapeo de la cadena de Valor, que ayudó a identificar de manera más detallada y analizando actividad por actividad en metalmecánica cuáles eran los tiempos de espera que no agregaban valor a la producción, en donde se logró identificar que existían aproximadamente 750 horas que no agregaban valor al proceso productivo y en donde 350 horas, eran causa directa de las grúas, que estaban generando retrasos en las actividades productivas.

De acuerdo a este análisis, se decidió desarrollar una nueva modelación en ARENA, para identificar si realmente los recursos de Grúa eran parte importante de los retrasos en la organización, de los cuales se volvió a simular en base al primer modelo de simulación desarrollado en ARENA, del cual solo se adicionaron 2 grúas para los procesos de armado, pintura y levantamiento, arrojando resultados positivos en cuanto a la reducción de tiempos, corroborando el análisis hecho a través del VSM.

Por tanto, una de las principales causas de la organización que retrasaba la entrega de cada proyecto de sala eléctrica, se basaba en la falta de recursos, específicamente grúas Horquillas para el desarrollo de ciertas actividades en la cadena de producción, esto conllevó a una disminución de los tiempos de entrega y logra solucionar el problema.

Por otro lado, es importante mencionar que a través de las herramientas del VSM, se pudieron identificar otras problemáticas pequeñas que afectaban a la producción, de las cuales se propusieron estrategias tanto al corto, mediano y largo plazo, a fin de seguir disminuyendo los tiempos de espera que no agregan valor en la producción de metalmecánica.

El desarrollo de la disminución de tiempos trajo consigo varias actividades necesarias para lograr menores tiempos en la construcción de salas eléctricas, tales como la mejora en la luminosidad de las instalaciones, que ayudó a los operarios a desarrollar mejor sus

trabajos y disminuyendo los peligros en la pérdida paulatina de la visión. Además el orden de los materiales de trabajos y herramientas a través de la metodología de 5'S, trajo consigo un ambiente más cómodo para desarrollar las actividades, mayor espacio para desarrollar actividades, mejora en los tiempos de búsqueda de materiales y en las relaciones personales. También, la reducción en cuanto a los turnos de trabajo, indiscutiblemente mejoró el clima laboral de la organización, las relaciones entre áreas y la calidad de vida de las personas, disminuyendo las posibilidades de un estrés laboral.

En resumen, los beneficios que obtuvimos con el desarrollo del proyecto a nivel productivo fue la disminución de los tiempos de procesos fueron los siguientes:

Tabla 6.1.1 Reducción en los tiempos de espera

|                                | Actual  | Nuevo   | Ahorro |  |
|--------------------------------|---------|---------|--------|--|
| Tiempo de proceso total (HH)   | 3398,96 | 2802,67 | 17,5%  | Disminución tiempo de producción         |
| Tiempo de espera Armado        | 664,67  | 315,33  | 53%    | Disminución tiempo de espera del proceso |
| Tiempo de espera levantamiento | 32,35   | 31,73   | 2%     | Disminución tiempo de espera del proceso |
| Tiempo de espera Pintura       | 35,59   | 3,19    | 91%    | Disminución tiempo de espera del proceso |
| Tiempo de espera Total (%)     | 739,73  | 431,19  | 42%    | Disminución tiempo de espera Total       |
| Tiempo de espera Total (HH)    | 739,73  | 431,19  | 308,54 | Horas de esperas menos                   |

Elaboración Propia

Tabla 6.1.2 Ahorro e inversión

|  | Actual | Nuevo             | Ahorro                                       |
|--|--------|-------------------|--|
| Ahorro HH \$\$ por tiempo esperas por 40 proyecto                  | -      | \$ 493.664.000,00 | Ahorro anual por desarrollo de proyectos     |
| Costo de la compra de Grua   | -      | -\$ 41.800.000,00 | Costo de agregar mas gruas la proceso        |
| Intalación de 3 torres de iluminación                              | -      | -\$ 4.255.000,00  | Mejor iluminación en planta                  |
| Biobos para soldadores por tema de seguridad anual                 | -      | -\$ 886.690,00    | peligros de quemadura con las otras areas    |
| Contratacion de una persona de calidad para el turnode noche Anual | -      | \$ 7.800.000,00   | liberación de trabajo en los turnos de noche |
|  |        | \$ 454.522.310,00 |  |

Elaboración Propia

Beneficios, Disminución de tiempo en el proceso, aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing, hacer un lugar más seguros y productivo, y mejorar el lugar de trabajo para los empleados.

Sin lugar a duda, el desarrollo y búsqueda de una solución al a problemática planteada, trajo consigo beneficios, económicos, productivos y sociales en la organización, de manera integral, mejorando los tiempos de producción y el ambiente laboral en la organización, cuidando la integridad de las personas que se desenvuelven en la organización.

## 7. Bibliografía

Administración, S. T. (2011). Introducción. *Seminario*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Chiavenato, I. (1995). *Introducción a la teoría general de la administración*. Mexico: mc graw hill.

Colombia, U. N. (2011). *Seminario de la Teoría de la Administración*. Obtenido de sitio Web de la Universidad Nacional de Comlombia : <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4010014>

Guerra, N. (s.f.). *Planificación de la Producción*. Obtenido de Roncon del vago: <http://html.rincondelvago.com/planificacion-de-la-produccion.html>

Martines-Costa, O. B.-A.-A.-C. (2009). *Planificación Agregada de la Producción, la plantilla, el tiempo de trabajo y la Tesorería*. IntangibleCapital.

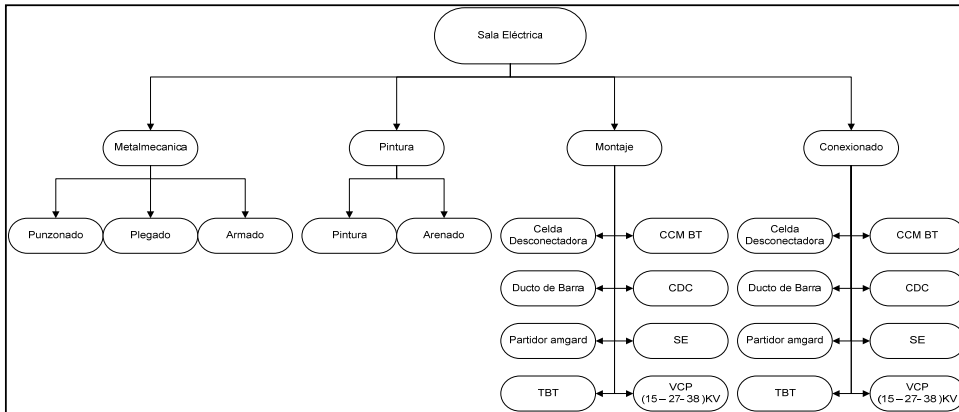
Medina, R. L. (2007). *Conceptualización y propuesta de solución para el problema de planificación táctica aplicado a la explotación forestal*. Concepción: Universidad de Concepción.

Oliveros. (18 de Noviembre de 2008). *Universidad de los Andes de Venezuela*. Obtenido de Web del profesor: [http://webdelprofesor.ula.ve/economia/oliverosm/materiasdictadas/produccion2/clases/planificacion\\_de\\_la\\_produccion\\_teoría.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/economia/oliverosm/materiasdictadas/produccion2/clases/planificacion_de_la_produccion_teoría.pdf)

Planeación. (s.f.). *Wikipedia*. Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Planeamiento>

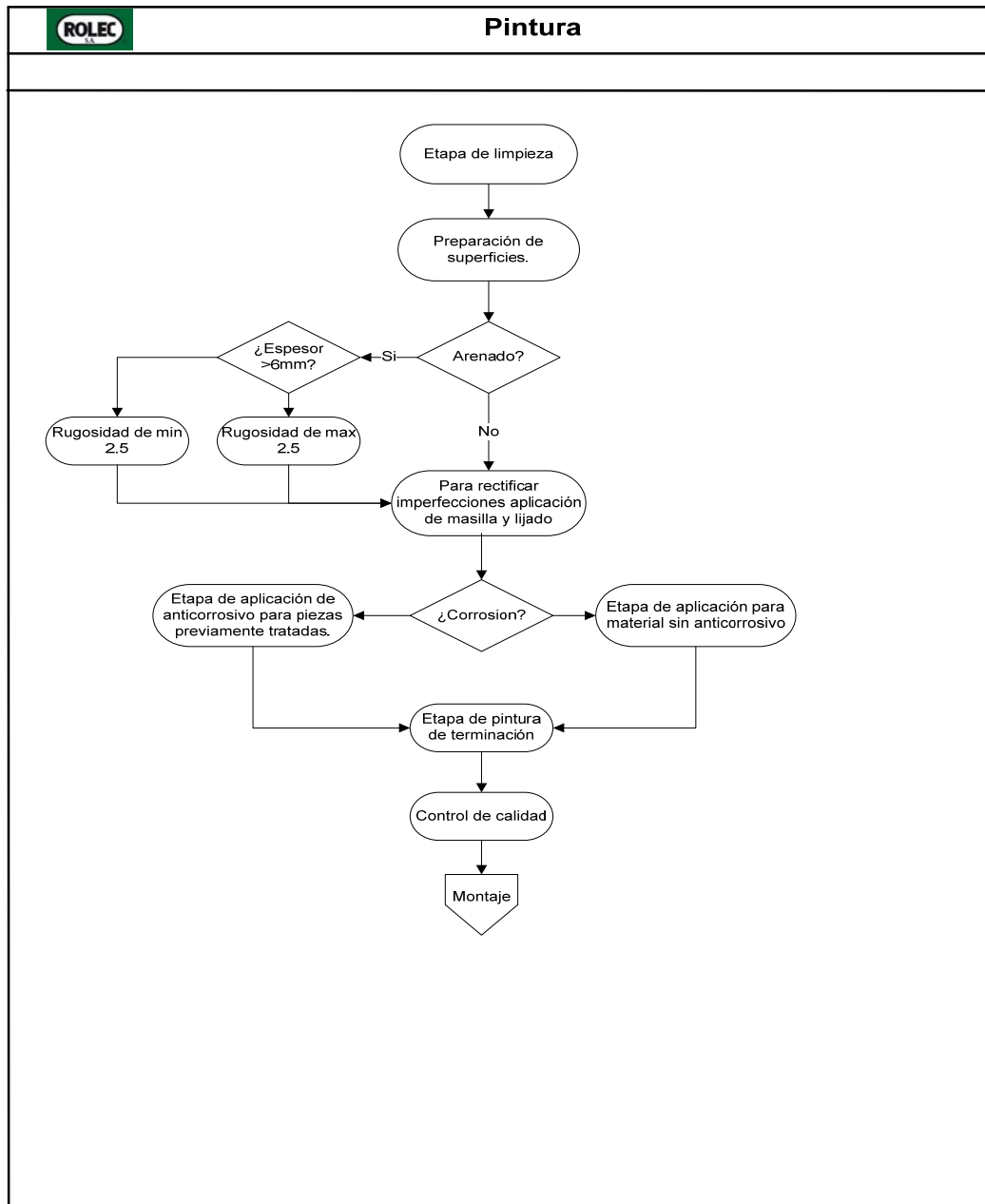
## 8. Anexos

### Anexo 1



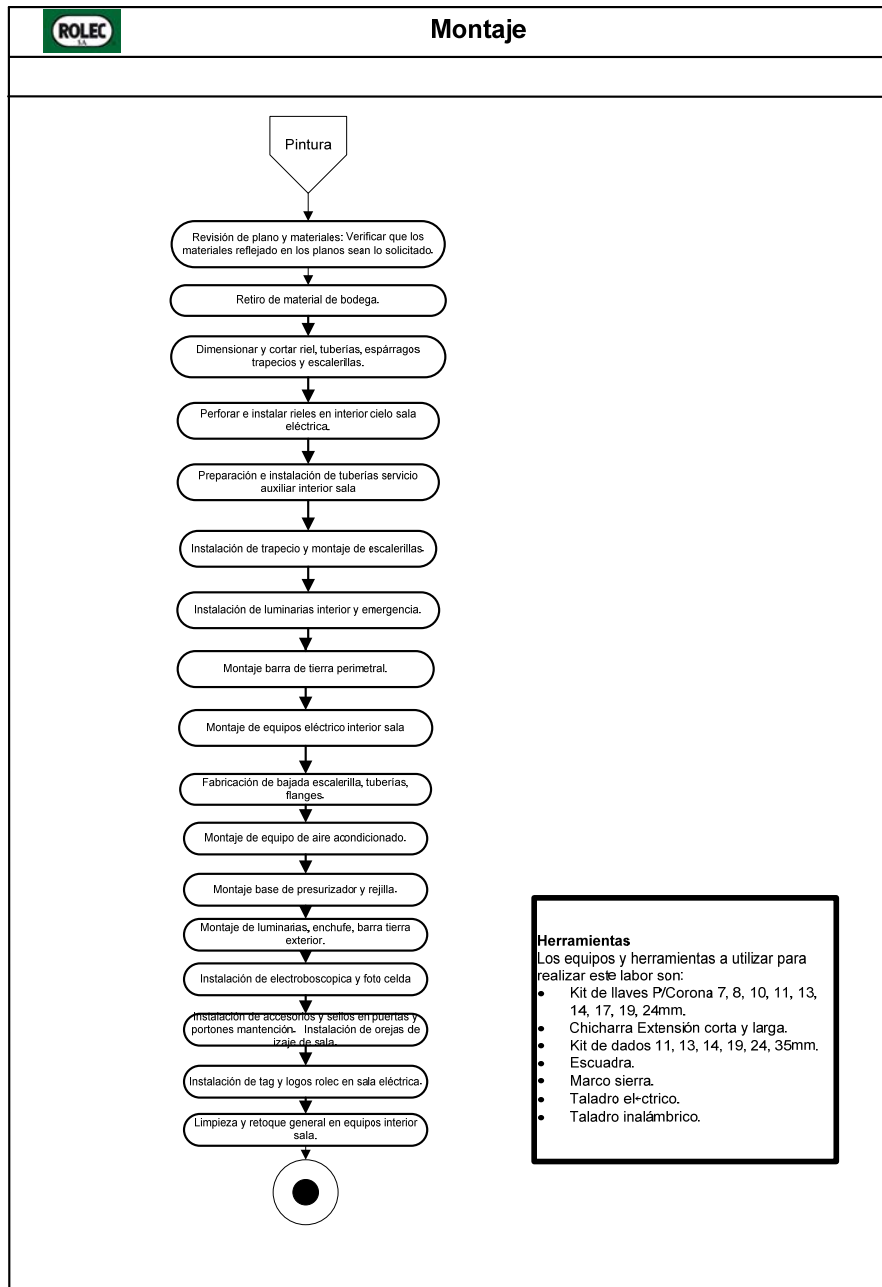
Fuente: Elaboración Propia

## Anexo 2



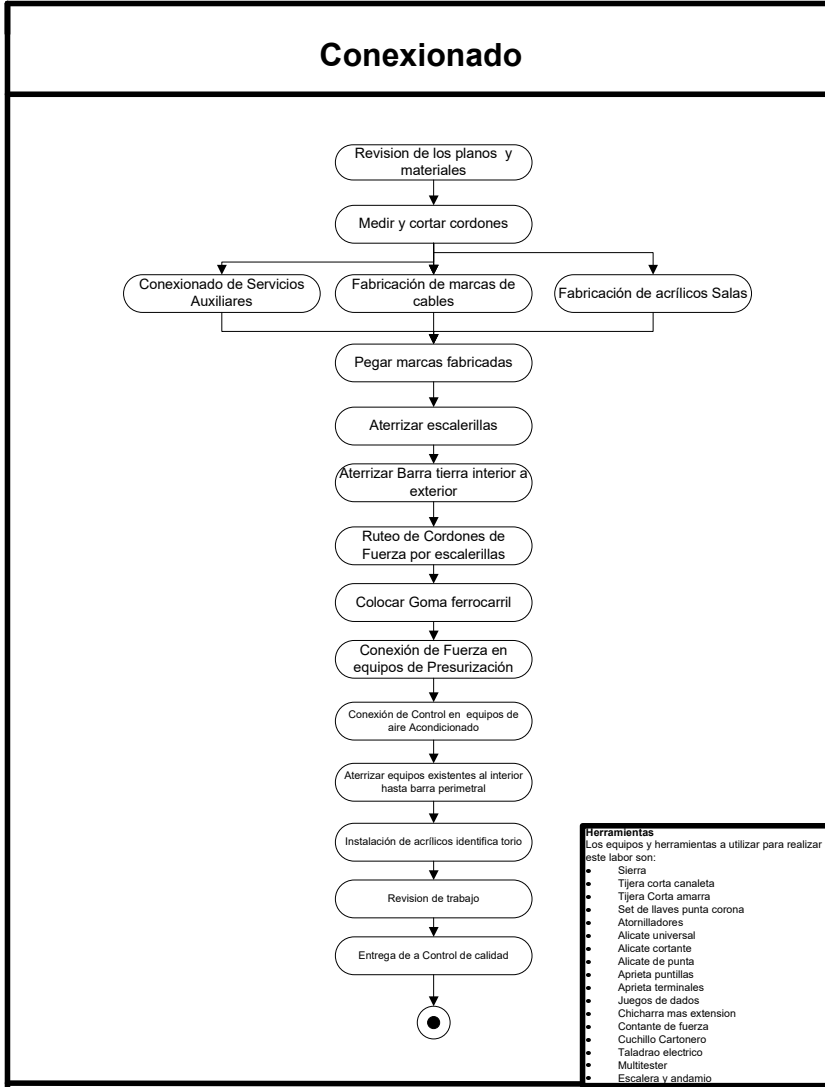
Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 3



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4



Fuente elaboración propia