

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



**Propuesta de Dotación Óptima y Programación de Personal para  
evitar costos eventuales, en la Empresa Contratista  
Puerto Alegre S.A.**

Por

**Paulina Nicole Estay Contreras**  
**Catalina Alejandra Montes Navarrete**

Trabajo de Título para optar al Grado de  
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y  
Título de Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Iván Cubillos Garrido

Agosto, 2014

*Dedicatoria*

*Dedico este trabajo de título a mis padres, Jorge Estay Morales y Rosa Contreras Cortéz, simplemente POR ESTAR SIEMPRE y brindarme apoyo infinito e incondicional que al igual que mi hermano, Jorge, son parte fundamental de mi vida y de que hoy me convierta en profesional.*

*A mi pequeña hermosa, Javiera, por llegar a mi vida a darle una nueva razón de ser y a Rodrigo, por compartir tus días conmigo, darme el regalo más hermoso que jamás pensé tener y por tu compañía incondicional en esta etapa universitaria.*

*Paulina Estay Contreras.*

*Dedicatoria*

*Dedico este trabajo de título a mis padres, Jaime Montes Solar y Carmen Navarrete Nuñez, por guiarme, apoyarme, comprenderme y poder ser un orgullo para ellos y ejemplo de mis hermanos. A Dios por darme fuerza de poder seguir con mis metas. A mi novio por entregarme su apoyo incondicional a lo largo de este camino. De igual forma quiero dedicar este trabajo a los académicos de la universidad por su entrega y guiarme en mi etapa universitaria.*

*Catalina Montes Navarrete.*

## **Agradecimientos**

*Primero que todo quiero agradecer a Dios por darme la familia que tengo ya que gracias a su gran esfuerzo, apoyo y preocupación hoy me es posible cumplir este gran logro profesional.*

*Gracias Papá y Mamá por acompañarme siempre, por ser los mejores y porque gracias a su gran fortaleza juntos hemos sobrepasado momentos muy difíciles y obstáculos altísimos, ustedes y mi hermano son las personas más fuertes que conozco y me han demostrado que nada es imposible que todo se logra con esfuerzo, humildad y amor. Gracias por todo el apoyo que desde el principio y a lo largo de esta etapa universitaria fue muy importante para mí, los amo con todo mi corazón.*

*Igualmente quiero agradecer a mi hija por llegar y cambiar mi mundo, porque desde mi guatita me acompañaste en la última etapa de este ciclo tan importante y me diste aún más fuerzas para concluirla de manera exitosa, te amo al infinito. Así también quiero agradecer a Rodrigo, por tu larga compañía, por estar en las buenas y en las malas y por ayudarme con tus conocimientos en los momentos que lo necesite, te amo.*

*Agradecer también a cada persona que estuvo presente a lo largo de esta etapa universitaria, a los buenos amigos que me llevo en el corazón, a cada uno de los docentes por entregar sus conocimientos y a nuestro profesor guía Iván Cubillos por recibirnos y ayudar en la finalización de este trabajo de título. También a la empresa Puerto Alegre S.A por abrirnos las puertas a su información y por entregarnos la mayor ayuda posible en lo que necesitamos.*

*Y finalmente agradecer a mi confidente, amiga y compañera de este trabajo de título, Catalina, por ser la mejor, por tu apoyo incondicional, por tu tiempo, por tu ayuda, tu paciencia y por la linda amistad que hemos formado, te adoro amiga, gracias por potenciarte conmigo.*

*Paulina Estay Contreras.*

## **Agradecimientos**

*Agradezco a Dios por entregarme bendiciones, darme fuerza de poder seguir con mis metas y poner personas maravillosas en mi camino.*

*Agradezco a mis Padres, por enseñarme valores como la perseverancia, la empatía, el amor. A mi mamá por darme ejemplo de lucha, hacerme comprender que en la vida no todo resulta fácil y que se debe afrontar los momentos difíciles con la frente en alto. Gracias Jorge por entregarme amor, comprensión y contención, además de apoyo incondicional a lo largo de esta trayectoria.*

*A mis amigos porque siempre estuvieron apoyándome cuando lo necesite sin pedirme nada a cambio. A mis amigos y compañeros de universidad por hacer mis días en la universidad más alegres, creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria una vivencia que nunca voy a olvidar.*

*A mi amiga y compañera de tesis Paulina por entregarme innumerables momentos de alegría, formar una linda amistad de contención mutua, brindarme su apoyo cuando lo necesité y entregarme templanza en las adversidades presentes en este proceso de titulación.*

*Agradezco también a los Académicos de la Universidad, gracias a ellos por enseñarme, aconsejarme e instruirme en el camino del buen estudiante, al profesor Iván Cubillos por ayudarnos a concluir este periodo. Por qué no mencionar a los profesores de enseñanza básica y media, por entregarme valores, siempre dispuestos a ayudar sin pedir nada a cambio. En especial aquellos que dividían su tiempo con el fin de poder dedicarse a la educación pública, de la cual me siento orgullosa y agradecida de haber pertenecido y que a pesar de los múltiples mitos y la segregación, me ayudó a rescatar de las muchas experiencias, enseñanzas en mi vida, cada una de las cuales contribuyó a lo que soy y son parte de este logro.*

*Agradezco el apoyo de la empresa Puerto Alegre S.A. por entregarnos la información y los conocimientos necesarios, trascendentales para el desarrollo de esta tesis.*

*Muchas gracias a todos, ya que por ustedes estoy a punto de cumplir uno de mis grandes sueños de vida, como lo es titularme de Ingeniera Civil Industrial, espero lograr cumplir otros de mis sueños y que Dios guie nuestros caminos.*

*Catalina Montes Navarrete.*

# Índice

<b>Índice .....</b>	<b>6</b>
<b>Glosario de Términos .....</b>	<b>8</b>
<b>Lista de Gráficos .....</b>	<b>10</b>
<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>11</b>
<b>Lista de Tablas .....</b>	<b>12</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>13</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>14</b>
<b>Capítulo I: Antecedentes Generales.....</b>	<b>16</b>
<b>1. Antecedentes Generales De La Empresa Contratista Eléctrica Puerto Alegre S.A...17</b>	
1.1 Descripción del tipo de negocio.....	17
1.2 Descripción de la empresa Puerto Alegre S.A.....	21
Competidores de Puerto Alegre S.A. ....	23
Servicios.....	24
Tareas .....	25
Recursos Humanos.....	28
Tipo de Proyecto y duración .....	29
Proveedores.....	30
Clientes.....	32
1.3 Descripción del Problema.....	35
1.4 Objetivos.....	38
1.4.1 Objetivo General.....	38
1.4.2 Objetivos Específicos .....	38
1.5 Resultados Esperados .....	38
<b>Capítulo II: Marco teórico.....</b>	<b>39</b>
<b>2 Marco Teórico .....</b>	<b>40</b>
2.1 Planificación de Recursos Humanos.....	40
2.1.1 Aspectos relevantes para realizar la planificación de Recursos Humanos .....	40
2.2 Metodologías para la Gestión y Planificación de Recursos Humanos .....	40
2.2.1 Metodología de Investigación de Operaciones.....	42
2.3 Modelos de Investigación de Operación de Tareas y Asignación de Recursos.....	44

Modelo RCPSP .....	44
Modelo MRCPSP .....	46
Modelo de Asignación .....	48
2.4 Metodología propuesta para resolver el problema.....	49
Condición actual de la Empresa .....	49
Definición del problema.....	50
Construcción del Modelo Matemático .....	50
Resolución del modelo .....	50
Verificación y Validación del Modelo .....	50
Complementación del modelo mediante una Herramienta de administración apropiada ..	50
Análisis de resultado, conclusiones y recomendaciones .....	50
Propuesta de Implementación del Modelo en la Empresa .....	51
<b>Capítulo III: Metodología para la construcción del modelo matemático y su resolución</b> .....	<b>52</b>
<b>3 Metodología propuesta para resolver el problema .....</b>	<b>53</b>
3.1 Procesamiento de información.....	53
3.1.1 Diagrama de Proceso de la Instalación eléctrica de Edificios .....	59
3.1.2 Diagrama de escala de tiempos utilizados por proceso .....	60
3.2 Construcción del Modelo Matemático.....	60
3.3 Resolución del modelo.....	64
<b>Capítulo IV: Verificación, Validación, Complementación y Análisis de resultados .....</b>	<b>66</b>
<b>4 Verificación, Validación del Modelo y Complementación .....</b>	<b>67</b>
4.1 Verificación y validación del modelo .....	67
4.2 Complemento del modelo .....	74
4.3 Análisis de Resultados .....	76
4.4 Propuesta de medidas de Implementación del Modelo en la Empresa .....	80
<b>Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>81</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>82</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>83</b>
<b>Capítulo VI: Bibliografía .....</b>	<b>84</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>85</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>86</b>

## Glosario de Términos

*Change Controls*: Control de cambios.

*Conduit*: Tuberías de PVC diseñadas para instalaciones eléctricas.

Contadores: Dispositivo que tiene la capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación.

Diferenciales: Interruptor que tiene la capacidad de detectar la diferencia entre la corriente de entrada y salida en un circuito.

Empresa “principal” o “mandante”: Aquella empresa que contrata a empresa contratista y que es dueña de la obra o faena.

Enfierradura: Conjunto de piezas fabricadas con barras de acero para refuerzo de hormigón, de dimensiones y forma, de acuerdo a los planos de estructura de una obra de construcción.

Descimbrado: Tarea que se realiza en construcciones, en donde quitan los moldajes de los muros y losas.

Losa: Estructura plana horizontal de hormigón que separa un nivel de la edificación de otro o que puede servir de cubierta.

*Makespan*: Tiempo total en el que todos los trabajos completan su ejecución.

Módulos: Artefactos eléctricos como enchufes, interruptores, etc.

Modulación: Instalación de artefactos eléctricos.

Multímetros Portátiles: Instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas como corrientes y potenciales (tensiones) o pasivas como resistencias, capacidades y otras. Las medidas pueden realizarse para corriente continua o alterna y en varios márgenes de medida cada una.

MRCPSP: Modelo Multi-Modo para solucionar Problemas de Programación de Proyectos con Restricción de Recursos.

*Outsourcing*: Proceso mediante el cual una empresa externaliza una parte de su actividad, contratando a una empresa para gestionar ciertos tipos de tareas.

Postación: Colocación de postes de un cerco o de un tendido eléctrico.

*Product-Based Planning*: Planificación basada en productos.

*Product breakdown:* Desglose de productos.

*Product description:* Descripción del producto.

*Quality Reviews:* Revisiones de calidad.

RCPS: Modelo para solucionar Problemas de Programación de Proyectos con Restricción de Recursos.

Relés Térmicos: Aparato diseñado para la protección de motores contra sobrecargas, fallo de alguna fase y diferencias de carga entre fases.

*Scheduling:* Programación u ordenación cronológica.

SEC: Superintendencia de electricidad y combustible.

TDA: Tablero general del edificio.

## Lista de Gráficos

Gráfico 1 Gráfico comparativo de Ingresos/Egresos de Puerto Alegre S.A. ....	35
Gráfico 2 Gráfica de cantidad de mano de obra mensual en “Carmen 223” de RVC.....	36
Gráfico 3 Gráfico de Pagos de “Carmen 223” de RVC a Puerto Alegre. ....	36
Gráfico 4 Gráfico de Pagos de “Alto Oriente” de RVC a Puerto Alegre.....	37
Gráfico 5 Gráfico Actividades v/s Recursos. ....	57
Gráfico 6 Trabajadores Alto Oriente 2012. ....	76

## Lista de Figuras

Figura 1 Proporción (%) de empresas que subcontratan y empresas que utilizan trabajo suministrado (2008 y 2011).....	18
Figura 2 Organigrama de Puerto Alegre S.A. ....	22
Figura 3 Principales competidores de Puerto Alegre S.A. en la Quinta Región .....	23
Figura 4 Ejemplo de secuencia de ejecución de tareas.....	26
Figura 5 Proceso de instalación eléctrica en edificios.....	28
Figura 6 Rangos de sueldos aproximados que utiliza la empresa Puerto Alegre S.A.....	29
Figura 7 Listado de Proveedores .....	31
Figura 8 Principales Clientes de Puerto Alegre S.A.....	32
Figura 9 Cálculo de Actividades realizadas por tipo de trabajador .....	58
Figura 10 Diagrama de proceso de instalación eléctrica en edificios.....	59
Figura 11 Escala de tiempo por proceso según Microsoft Project  .....	60
Figura 12 Resolución de la restricción 2 .....	70
Figura 13 Resolución de la restricción 3 .....	71
Figura 14 Resolución de la Restricción 4.....	71
Figura 15 Resultado Optimizado mediante What's Best. ....	73
Figura 16 Resultado optimizado de asignación de tipo de MO por actividad obtenido mediante What's Best .....	73
Figura 17 Cantidad de cada tipo de trabajador disponible .....	75

## Lista de Tablas

Tabla 1 Estratificación de empresas, por Ventas anuales.....	17
Tabla 2 Estratificación de empresas, por número de trabajadores .....	17
Tabla 3 Principales competidores de Puerto Alegre S.A. en la Quinta Región .....	23
Tabla 4 Tabla de servicios prestados por la empresa. ....	24
Tabla 5 Pagos de cada obra mensualmente del año 2012.....	30
Tabla 6 Listado de algunos de los tipos de materiales más requeridos. ....	31
Tabla 7 Resumen obras dentro del periodo año 2012 .....	34
Tabla 8 Cantidad de proyectos mensuales.....	53
Tabla 9 Clasificación de operarios por remuneración. ....	54
Tabla 10 Extracto de clasificación de tipo de trabajador por obra. ....	55
Tabla 11 Extracto de Recursos mensuales por obra. ....	55
Tabla 12 Trabajadores mensuales utilizados en obras de nuevos edificios.....	56
Tabla 13 Escenarios de recursos mensuales por obra. ....	56
Tabla 14 Matriz Actividad/ Recursos en Edificios.....	57
Tabla 15 Restricciones de ejecución en base a remuneraciones para cada actividad.....	59
Tabla 16 Cantidad de trabajadores mensuales para dos obras a plena marcha en edificios. ....	67
Tabla 17 Cantidad real de trabajadores mensual por obra.....	68
Tabla 18 Recursos reales que pueden realizar alguna actividad. ....	68
Tabla 19 Restricciones de ejecución en base a remuneraciones para cada actividad.....	69
Tabla 20 Cantidad de trabajadores mensuales por obra según el modelo .....	69
Tabla 21 Recursos r entregados por el modelo que pueden realizar alguna actividad. ....	70
Tabla 22 Cantidad de combinación de recursos para lo real y lo optimizado. ....	72
Tabla 23 Comparación en Media Marcha .....	77
Tabla 24 Comparación en Plena Marcha.....	77
Tabla 25 Comparación de asignación de actividades.....	78
Tabla 26 Comparación de costos en un proyecto .....	79

## Resumen

El presente trabajo de título trata acerca de la elaboración y adecuación de un modelo matemático que apoye la toma de decisiones con respecto a la dotación y asignación del personal en una pequeña empresa dedicada a la subcontratación de servicios eléctricos para empresas constructoras.

Uno de los problemas más importantes en los que incurren las pequeñas y medianas empresas (PYME) son las insuficiencias en la utilización de herramientas de gestión, por ejemplo en las asignaciones y programaciones de sus recursos. En la actualidad debido a la competencia de estas empresas se hace necesario el uso de metodologías para la solución de problemas, como la metodología de investigación de operaciones ya que su aplicación ayuda a la toma de decisiones.

Este estudio surge de la inquietud de que la empresa Puerto Alegre, PYME dedicada a la ejecución de proyectos eléctricos presente en la V Región desde comienzos del año 2004, no cuenta con un método para la asignación y programación de su personal y realiza dicha tarea de forma manual. Se desea lograr que la programación de recursos de personal y su asignación sea óptima; disminuyan los costos en mano de obra y mejoren su utilización en los proyectos correspondientes a nuevas construcciones de edificios, de manera que las asignaciones maximicen la rentabilidad económica de la empresa y aseguren una buena calidad en la entrega de servicio, el cual se puede ver interrumpido cuando alguna de sus actividades fuese perturbada por imprevistos, tales como atrasos en las tareas debido a la propia empresa o a cambios en los requerimientos de la empresa contratante (cambios en la velocidad de la obra).

En el siguiente trabajo de título se muestra como generar asignaciones a actividades y como programar cada tipo de trabajador, según el objetivo ya mencionado. Mediante el uso de modelos de programación lineal entera mixta se desarrolló una metodología que genera asignaciones; que luego con el software Microsoft Project se programan de acuerdo a las necesidades de la empresa constructora. Con esta metodología se permite determinar la cantidad y el tipo de mano de obra debe ser asignada a cada actividad.

Como se mencionó anteriormente, para resolver el problema se decidió crear una metodología que consiste en asignar cada tipo de trabajador a cada tipo de actividad por cada obra, es decir, cada tipo de trabajador será asignado de acuerdo a las actividades que puede realizar, teniendo en cuenta que éste es imprescindible en el desarrollo de la actividad. La aplicación de esta metodología genera una disminución en los costos de mano de obra de la empresa Puerto Alegre en un 41% trayendo consigo una mejoría en el servicio prestado al tener una programación del servicio piso a piso.

Los resultados de dicha metodología demuestran que la empresa se vería beneficiada, por lo que para realizar la programación de recursos se utilizaran herramientas de la Ingeniería Industrial con el objetivo de lograr minimizar la incertidumbre.

## Introducción

Hay muchos de los problemas y situaciones en la vida que exigen una de las dos respuestas más básicas de las cuales se tiene conocimiento: si o no. Es por esto que se pueden representar dichas respuestas con los valores “0” y “1”, no y si respectivamente y de esta manera aprovechar las matemáticas en problemas que necesiten de ayuda para su resolución y toma de decisiones. Es dado esto que los problemas de asignación se pueden llevar a la programación binaria, ya que este método puede analizar problemas acerca de asignar un cierto número de recursos a un determinado número de tareas.

Múltiples son los casos en los que podemos hacer uso del problema de asignación para resolver diversas situaciones, algunos de éstos que se pueden mencionar son aquellos que se refieren a:

- Asignación de personal a maquinas.
- Asignación de personal a tareas.
- Asignación de herramientas a puestos de trabajos.
- Asignación de horarios a maestros.
- Asignación de candidatos a vacantes.
- Asignación de huéspedes a habitaciones, etc.

Es por esto que se puede decir que la idea fundamental de los problemas de asignación es dar la solución a la fuente que satisface mejor un destino. Es dado a esto que podemos asociar el modelo de asignación a la siguiente pregunta ¿qué tipo de trabajador puede ejecutar determinada tarea?

El modelo de asignación posee una característica particular que se refiere a que, para la resolución de los problemas no es necesario que el número de fuentes sea igual al número de destinos, lo cual se hace muy presente en la vida real pues generalmente la cantidad de aspirantes es superior al número de vacantes, o también el caso en que exista una mayor cantidad de tipos de tareas que el tipo de trabajadores que las pueden ejecutar.

En Chile uno de los grandes problemas que presentan las pequeñas y medianas empresas es la falta en la planificación de sus recursos humanos y esto se produce cuando se contrata personal sin medir consecuencias. Es por este motivo que puede resultar de mucha utilidad tener una herramienta que ayude a determinar qué tipo de tareas pueden ser ejecutadas por cierto tipo de trabajador, ya que puede constituir una fuente importante de ahorro en términos económicos, que puede llevar consigo una mejoría en la calidad del servicio entregado.

Por lo que el objetivo central del presente trabajo de título es desarrollar y diseñar un modelo de asignación de personal para optimizar la cantidad de trabajadores en la PYME contratista eléctrica Puerto Alegre S.A., desarrollando una propuesta de dotación óptima y programación de recursos humanos para lograr una asignación adecuada y evitar costos eventuales de modo que pueda minimizar sus costos y optimizar la utilización del recurso “mano de obra” en los proyectos correspondientes a nuevas construcciones.

## **Capítulo I: Antecedentes Generales**

---

*El siguiente capítulo detalla el rubro y la descripción de la empresa Puerto Alegre S.A., indicando su funcionamiento interno, enfocándonos en su forma de operar; y externo, observando su comportamiento frente al mercado. Además se identificará y describirá el problema a tratar en este trabajo de título.*

# 1. Antecedentes Generales De La Empresa Contratista Eléctrica Puerto Alegre S.A.

## 1.1 Descripción del tipo de negocio

En nuestro país la gran mayoría de las empresas contratistas son PYMES, como es el caso de contratistas eléctricos, sanitarios, de redes y telefonía, de instalación de pisos, entre otras; las cuales cumplen un papel de mucha importancia en la economía del país y a pesar de su relevancia presentan grandes falencias en el área de la administración debido a que la mayoría de éstas están lideradas y constituidas por técnicos que basan su administración sólo en la experiencia adquirida a lo largo de sus años de trabajo.

En Chile, las PYMES, muestran grandes insuficiencias que crean barreras que no permiten generar un desarrollo económico y competitivo dentro de los mercados. Algunas de estas insuficiencias son la falta de instrumentos de gestión y sistemas de marketing precarios que provocan serias limitaciones tanto al crecimiento, a la relación cliente/proveedor, a las técnicas de comercialización y a la calidad del servicio; como también a la modernización del funcionamiento interno y externo de éstas.

Las definiciones de “pequeña y mediana empresa” dependen de distintas variables utilizadas para medir su tamaño. Éstas pueden estar definidas de acuerdo a sus ventas, a la cantidad de empleados o al capital invertido, entre otros. La definición principal de PYMES en el sistema de fomento productivo, según CORFO [Minecon99] se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla 1 Estratificación de empresas, por Ventas anuales.**

Tamaño Empresa	Ventas anuales	
	Desde (UF)	Hasta (UF)
<b>Micro</b>	0	2.400
<b>Pequeña</b>	2.401	25.000
<b>Mediana</b>	25.001	100.000
<b>Grande</b>	100.001	o más

Fuente: INE

**Tabla 2 Estratificación de empresas, por número de trabajadores**

Tamaño Empresa	Número de trabajadores	
	Límite Inferior	Límite Superior
<b>Grande</b>	200	Más
<b>Mediana</b>	50	199
<b>Pequeña</b>	10	49
<b>Micro</b>	5	9

Fuente: INE

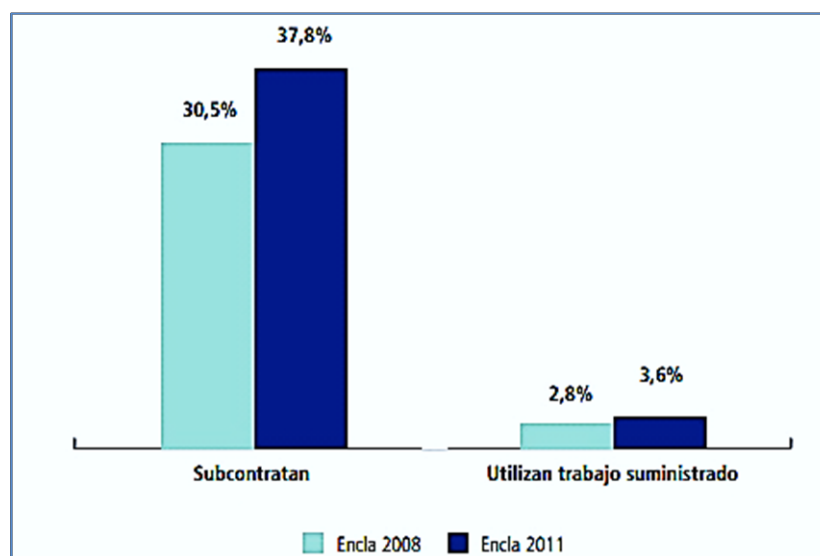
Las empresas contratistas sirven para auxiliar a las grandes empresas, ya que una gran parte de éstas se valen de empresas subcontratadas menores para realizar servicios u operaciones, que de estar incluidos en sus actividades generarían gran aumento en sus costos.

Muchas de las PYMES se dedican a la subcontratación, prestando servicios de externalización tanto a grandes empresas como a otras menores. La subcontratación constituye una estrategia empresarial cuya finalidad es la descentralización de la producción, transfiriendo desde una empresa llamada “principal” o “mandante” a otra “contratista” en todo o en ciertas etapas del proceso de producción de bienes y/o servicios, con el fin de que esta última ejecute dichas tareas por su cuenta y riesgo, con trabajadores propios.

Otra modalidad del subcontrato consiste en que una empresa de servicios transitorios, cuyo giro es el suministro de trabajadores, pone a disposición de otra empresa denominada usuaria los servicios laborales de sus dependientes, por un precio determinado.

La Ley N° 20.123, del año 2006, agregó un nuevo título al Código del Trabajo que regula el empleo en régimen de subcontratación y el trabajo en empresas de servicios transitorios (EST), también conocido como suministro de trabajadores. Aunque son modalidades distintas tanto en su finalidad como en el tipo de empleo que generan, ambas corresponden a externalización que utilizan las empresas. A continuación en la Figura 1 se muestra una representación gráfica de los empleadores que declaran haber subcontratado y las que utilizan trabajo suministrado durante 12 meses del año 2008 y 2011.

**Figura 1 Proporción (%) de empresas que subcontratan y empresas que utilizan trabajo suministrado (2008 y 2011)**



**Fuente: Encuesta Laboral ENCLA 2008 y 2011, Empleadores.**

La forma de trabajo de las empresas contratistas es generar un vínculo con otra empresa o algún particular para la realización de trabajos que pueden representar la totalidad de una obra o un área específica de ésta. Se le llama Contratistas debido al término contrato

realizado por el cliente, documentos que por lo general incluyen condiciones generales y específicas realizadas por un especialista.

Algunas de las empresas que realizan subcontrataciones para sus trabajos son las constructoras, ya que tienden a utilizar subcontratos para llevar a cabo sus obras. Para que una empresa contratista se adjudique un proyecto, ésta debe competir con otras a través de un concurso correspondiente a la presentación de un presupuesto, que debe estar sujeto a las características propias y especificadas del proyecto al cual se postula. Dicho presupuesto corresponde a un catálogo que especifica los precios que cobran por dichos trabajos, señalando además condiciones, criterios de supervisión, calidad y formas de pago.

Algunos de los objetivos que buscan las constructoras con la externalización de algunas de sus actividades son:

- Control de los costos.
- Cumplir con los tiempos estimados para terminar la obra.
- Obtener un alto estándar de calidad.

La modalidad de los trabajos realizados por los contratistas en las obras de construcción es ejecutar simultáneamente tareas correspondientes a las distintas áreas, ya sean del tipo eléctrico, sanitario, entre otros; los que deben realizar trabajos de acuerdo a la programación del calendario de obra y generar reportes de cumplimiento con el fin de solicitar el pago por avance de obra.

Uno de los tipos de empresas contratistas son aquellas que realizan proyectos de instalaciones y montajes eléctricos, las cuales se encargan por lo general de analizar cada proyecto, realizar presupuestos, ejecutar y controlar sus procedimientos de avance. Estas empresas pueden realizar:

- Elaboración de proyectos eléctricos.
- Urbanización.
- Asesorías eléctricas.
- Implementación de corrientes débiles.
- Montajes e instalaciones eléctricas.
- Instalaciones eléctricas en general.
- Programas de mantención.
- Mantención preventiva, e instrumentación.

Estas empresas pueden entregar sus servicios en los distintos rubros de la economía ya sean del ámbito inmobiliario, comercial, educacional e industrial, debiendo cumplir con ciertas obligaciones entre las que podemos nombrar:

- Regirse por los mismos planos, especificaciones técnicas y bases administrativas, de la empresa mandante.
- Asumir la obligación legal del pago de remuneraciones incluyendo todo lo relacionado a previsión social del trabajador.

- Asumir responsabilidad en cuanto a reemplazo del personal, por cualquier motivo que haga surgir esta necesidad.
- Asumir el trámite de las licencias médicas de los trabajadores.
- Atender reclamos administrativos ante instituciones fiscalizadoras.
- Cumplir a cabalidad todo lo estipulado en cada una de las cláusulas del contrato de trabajo respectivo.

Todo proyecto eléctrico debe ser supervisado por la Superintendencia de electricidad y combustible (SEC), la que se preocupa de:

- El cumplimiento de las normas de instalación.
- Fiscalización de Medidores.
- Transporte y distribución de electricidad.
- Alumbrado público y empalme.

La SEC, Regulada por el Decreto Supremo N°92, entrega cuatro tipos de licencias (A, B, C y D), según el grado de conocimiento necesario para el diseño y mantenimiento de la instalación. Cada tipo de licencia debe cumplir con los siguientes requisitos:

➤ Clase A

Para realizar instalaciones de alta y baja tensión, sin límite de potencia instalada. Para esta licencia se requiere título de Ingeniero Civil Electricista, Ingeniero de Ejecución Electricista, o equivalentes.

➤ Clase B

Permite ejecutar instalaciones de baja tensión, con 500[Kw] máximo de potencia instalada. Incluye:

- Instalaciones que conllevan riesgo de explosión o incendio o que sirven para espectáculos públicos o de diversión.
- Instalaciones de alumbrado en baja tensión con un máximo de 100[Kw] de potencia instalada total y límites máximos para cada alimentador y subalimentador de 10[Kw] de potencia por fase.
- Instalaciones de calefacción y fuerza motriz en baja tensión con un máximo de 50[Kw] de potencia instalada total y límites máximos para cada alimentador y subalimentador de 10[Kw] de potencia por fase.
- Instalaciones de alumbrado en baja tensión con un máximo de 10[Kw] de potencia total instalada, sin alimentadores.
- Instalaciones de calefacción y fuerza motriz en baja tensión, con un máximo de 5[Kw] de potencia total instalada, sin alimentadores.

Para esta licencia se requiere ser titulado de Técnico Electricista, o su equivalente, en algún centro de estudios superiores aceptado por esta Superintendencia.

➤ Clase C

Permite realizar instalaciones en baja tensión. Incluye:

- Instalaciones de alumbrado en baja tensión con un máximo de 100[Kw] de potencia instalada total y límites máximos para cada alimentador y subalimentador de 10[Kw] de potencia por fase.
- Instalaciones de calefacción y fuerza motriz en baja tensión con un máximo de 50[Kw] de potencia instalada total y límites máximos para cada alimentador y subalimentador de 10[Kw] de potencia por fase.
- Instalaciones de alumbrado en baja tensión con un máximo de 10[Kw] de potencia total instalada, sin alimentadores.
- Instalaciones de calefacción y fuerza motriz en baja tensión, con un máximo de 5[Kw] de potencia total instalada, sin alimentadores.

Para esta licencia se requiere ser titulado de Técnico Electricista, o su equivalente, en algún centro de estudios superiores.

#### ➤ Clase D

Permite realizar instalaciones de alumbrado en baja tensión con un máximo de 10[Kw] de potencia total instalada, sin alimentadores; e instalaciones de calefacción y fuerza motriz en baja tensión, con un máximo de 5[Kw] de potencia total instalada, sin alimentadores.

Para esta licencia se necesita un título en la especialidad de electricidad en algún centro de estudios superiores.

## **1.2 Descripción de la empresa Puerto Alegre S.A**

Puerto Alegre S.A. es una PYME dedicada a la ejecución de proyectos eléctricos inmobiliarios e industriales, en el sector público y privado. Creada a comienzos del año 2004 en la comuna de Valparaíso, Quinta Región. Esta empresa es una sociedad liderada por el Sr. Carlos Tapia Briceño, técnico profesional con más de 20 años de experiencia y representante legal de la empresa.

Su forma de trabajo consiste en la realización del análisis del proyecto, su presupuesto, ejecución y el control de éste, descomponiendo sus obras eléctricas en:

- Tipos de tareas.
- Tipos de trabajadores.
- Tipos de proyectos y su duración.

Con el fin de asignar materia prima y personal de acuerdo al avance de obra.

Su trabajo queda establecido a través de un contrato, en donde se indica si su alcance representa la totalidad o un área específica, indicando fechas de comienzo y término de éste.

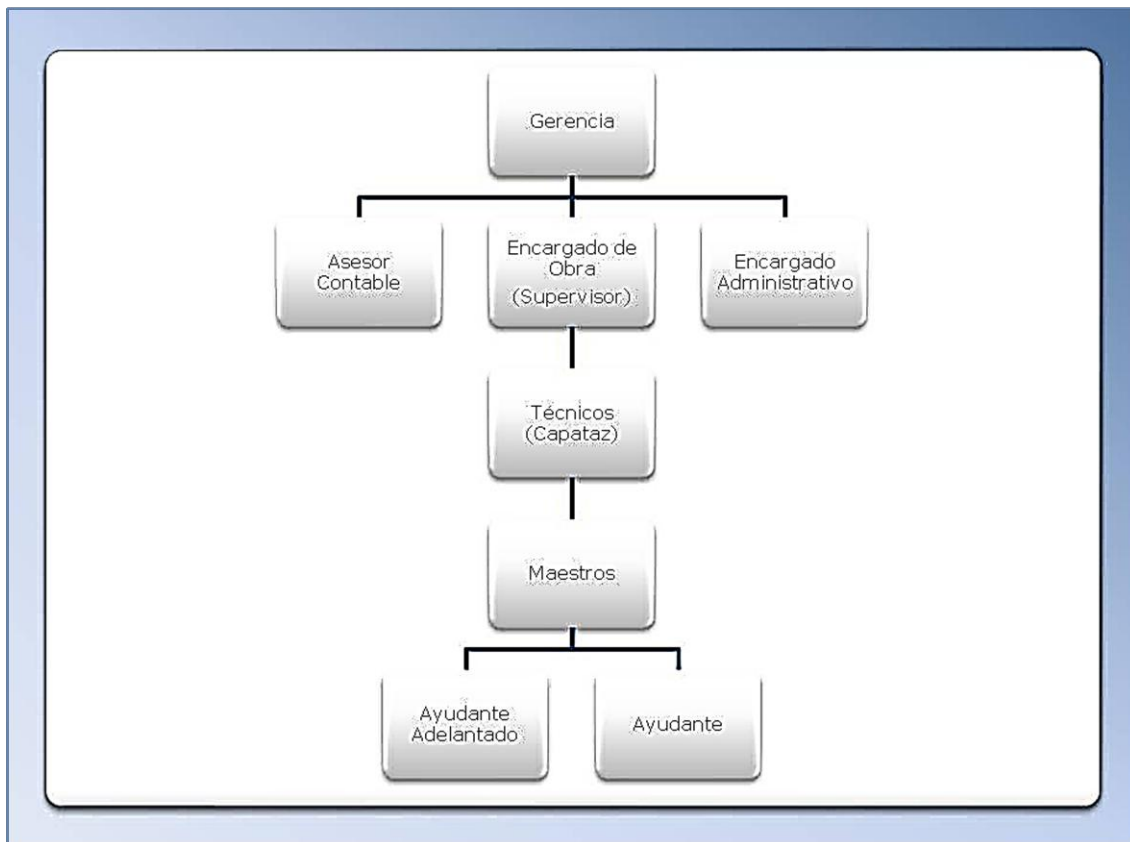
Los tipos de trabajadores que están presentes en los lugares de trabajo se pueden dividir en 5, según su jerarquía y capacidad de ejecutar tareas, nombrándose de la siguiente forma:

- Supervisor.
- Capataz.
- Maestro.
- Ayudante Adelantado.
- Ayudante.

Donde el Supervisor se encontrará capacitado para realizar o controlar tareas complejas y el ayudante tareas más simples.

La empresa se puede representar con el siguiente tipo de organigrama, mostrado en la Figura 2:

**Figura 2 Organigrama de Puerto Alegre S.A.**



**Fuente: Elaboración Propia**

Esta empresa realiza alrededor de 20 proyectos anuales ejecutando mensualmente de 5 a 10, para los cuales son contratados entre 20 y 42 trabajadores; y dependiendo del tamaño del proyecto se asignan entre 1 y 15 trabajadores por obra.

Sus servicios son entregados en la fase de ejecución de los proyectos y consiste en realizar su avance en conjunto con la empresa constructora (si es un nuevo proyecto en construcción), o prestando asistencia técnica en el caso de que no ser un nuevo proyecto, realizando supervisiones y mantenimiento en las instalaciones de los lugares solicitados, todo con el fin de asignar materiales y personal.

### Competidores de Puerto Alegre S.A.

Como esta empresa realiza trabajos dentro de la Quinta Región, la mayoría de sus competidores son PYMES locales, conocidas de igual manera en el rubro de la entrega de servicios de instalaciones eléctricas, sin embargo otras como Emelta S.A. proveniente de la Región Metropolitana ha demostrado mayor expansión a nivel nacional, por lo que podría ser también una posible competidora. Algunas de las empresas conocidas dentro de la región se mencionan a continuación en la Tabla 3:

**Tabla 3 Principales competidores de Puerto Alegre S.A. en la Quinta Región**

Montelco Ltda.	CV Ingeniería Eléctrica.	Emelta S.A.
Tem Ingeniería Eléctrica Y Compañía Limitada.	Ingeniería En Electricidad Varas y Compañía Limitada.	Elecar Montajes Eléctricos.
Seem.	Ditecsa.	Ingeniería Eléctrica M&M.
Electromant.	Salelect Electricidad.	Alfa Lurey Ltda.

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3 Principales competidores de Puerto Alegre S.A. en la Quinta Región**



Fuente: Elaboración Propia

## Servicios

Como se mencionó anteriormente la SEC entrega cuatro tipos de licencias (A, B, C y D), según el grado de conocimiento necesario para el diseño y mantenimiento de la instalación. Dado esto “Puerto Alegre” se encuentra facultada para realizar trabajos según la SEC en base a la clase C. Algunos de los servicios que entrega Puerto Alegre S.A. se muestran en la Tabla 4:

**Tabla 4 Tabla de servicios prestados por la empresa.**

Servicios	Detalle
Presentación de declaraciones SEC	Declaración eléctrica interior.
	Declaración de alumbrado público
	Declaración de local de reunión de personas
Presentación de contratos de servicios ante las diversas compañías de electricidad	Chilquinta
	Conafe S.A (presentación de empalme)
Instalaciones eléctricas domiciliarias	Realización de proyectos eléctricos integrales.
	Ejecución de proyectos aportados por el mandante
	Ejecución de instalaciones de acuerdo a especificaciones técnicas.
	Realización de proyectos para edificios.
Instalaciones eléctricas de faena	Confección de proyectos eléctricos para faenas.
	Ejecución de proyectos aportados por el mandante.
	Realización de instalaciones de faena.
Instalaciones eléctricas industriales	Confección de proyectos de electricidad (alumbrado, fuerza motriz, calefacción, control, transferencia entre redes, equipos electrógenos, iluminación de emergencia, etc.)
	Ejecución de proyectos eléctricos.
	Instalación de equipos y maquinarias eléctricas
	Estudios tarifarios de acuerdo a necesidad del usuario
Instalaciones eléctricas a prueba de explosivos	Diseño de proyectos a prueba de explosivos.
	Realización de trabajos inherentes a la actividad.
	Ejecución de trabajos con especificaciones ya aportadas.
Armado de tableros eléctricos especiales	Diseño y ejecución de tableros especiales de acuerdo a las necesidades del usuario.
	Construcción de tableros para arrancadores progresivos.
	Construcción de tableros para variadores de frecuencia.
	Construcción de tableros de transferencia automática.
	Construcción de actuadores delta-triángulo.
Construcción de sistemas de control electromecánicos.	

	Construcción de bancos de condensadores fijos o variables (automáticos).
	Construcción de tableros especiales puesta en marcha de tableros y sistemas de operación.
	Instalación de equipamiento y unidades de medición especiales.
	Solución de fallas de circuitos y sistemas de control y fuerza.
Diseño y construcción de mallas de tierra	Diseño de mallas de tierra para edificios.
	Diseño de mallas de tierra para computación.
	Construcción de mallas mediante fusión exotérmica.
	Instalación de mallas de tierra química.
	Medición de tierras de protección.
Corrección de factor de potencia	Estudios para determinar la potencia reactiva y la compensación necesaria para llegar al valor deseado.
	Instalación de condensadores fijos o variables
	Ejecución de informes de corrección de factor de potencia para compañías eléctricas.
Mantenimiento Eléctrico	Mantenimiento eléctrico en industrias con personal calificado.
	Mantenimiento eléctrico de locales comerciales.
	Mantenimiento de equipos y maquinaria.
Corrientes débiles	Citofonía instalación de citófonos.
	Instalación de porteros eléctricos.
	Instalación de video porteros
	Reparación de cableados de citofonía.
	Solución de fallas y averías.

**Fuente: Elaboración Propia**

Para la realización de dichos servicios se deberán tener en cuenta las tareas que realizan los trabajadores, con el fin de poder clasificarlos y asignarlos.

En este trabajo de título nos enfocaremos en la entrega de servicios que la empresa Puerto Alegre S.A. da a empresas constructoras en nuevas edificaciones. Por lo que a continuación se detallarán las tareas que se deben ejecutar en dichas obras.

## **Tareas**

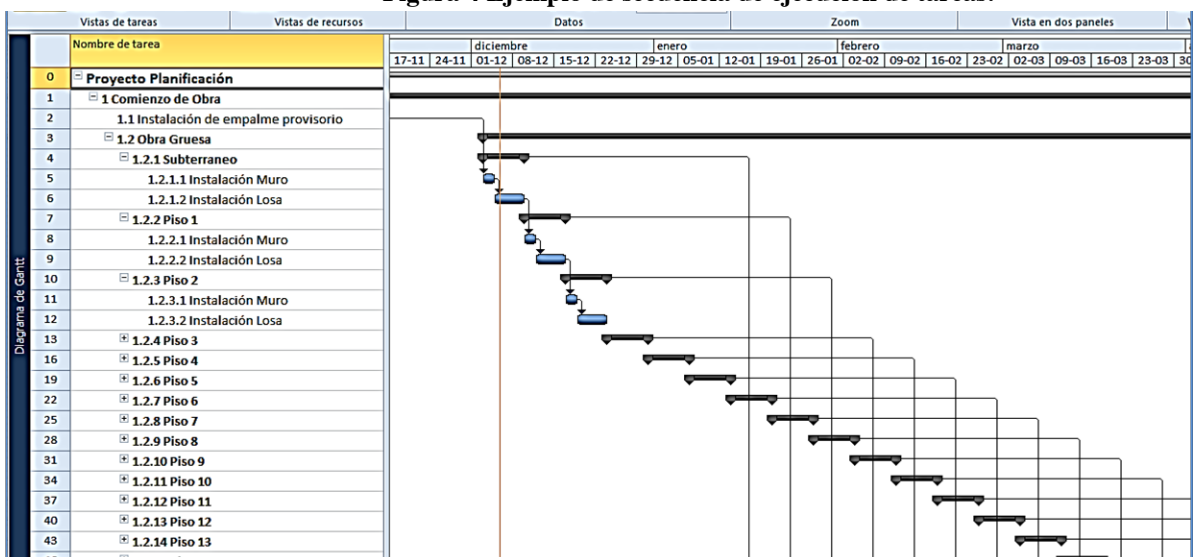
En los proyectos de construcción de edificios se pueden distinguir los siguientes tipos de tareas en ejecución:

- Instalaciones en Obra Gruesa, instalaciones eléctricas que se realizan antes de que la empresa constructora realice el hormigonado en la obra, como:

- Instalaciones en Muro.
  - Instalaciones en losa.
- Instalaciones en Terminaciones, trabajos posteriores a la finalización de la Obra Gruesa, como:
    - Limpieza de cajas de derivación.
    - Rectificación de tuberías.
    - Instalaciones en primera cara.
    - Alambrado.
    - Armado de tableros.
    - Modulación.
    - Instalación acometida eléctrica.
    - Instalación de emergencia y luminaria en áreas comunes.
    - Instalación del tablero general.
  - Entrega provisoria.
  - Entrega certificado TE1.
  - Conexión empalme final.
  - Entrega final de cada departamento a la constructora.

De acuerdo a las tareas antes mencionadas y dependiendo del tamaño de la construcción se van estableciendo las necesidades de material y personal para el avance de obra. Un ejemplo de secuencia de tareas se muestra a continuación en la Figura 4:

**Figura 4 Ejemplo de secuencia de ejecución de tareas.**



Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 4 se puede observar que las tareas son consecutivas y se van realizando una vez finalizadas sus predecesoras. A continuación se dará un ejemplo de cómo se van

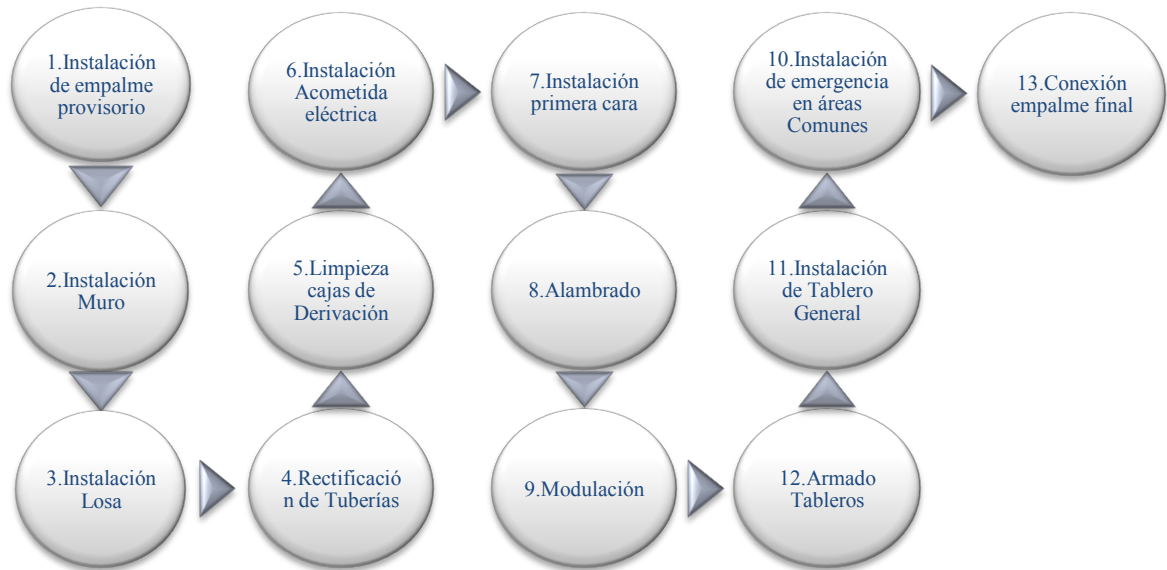
ejecutando las tareas que realizan los trabajadores de la empresa Puerto Alegre S.A para la entrega de sus servicios. El proceso incluye lo siguiente:

En algunos casos, cuando es solicitado por contrato se inician los servicios con la instalación del empalme provisorio, tarea necesaria para entregar suministro de energía a toda la obra.

Después de la instalación del empalme provisorio se debe esperar aproximadamente un mes en donde la constructora realiza los movimientos de tierra y las fundaciones.

- Hecho esto inician las instalaciones en obra gruesa, lo que se refiere a la instalación de *conduit* para la distribución de los puntos eléctricos y cajas de derivación en las losas y muros, en enfierradura.
- Para seguir con las siguientes tareas deben esperar aproximadamente 28 días, donde la constructora al cabo de dicho periodo realiza el descimbrado y dan paso a las instalaciones en terminaciones. Esta última se divide en 8 subtareas que para poder ejecutarlas debe esperar que la constructora realice supervisiones, limpieza y reparaciones en casos necesarios; antes de dar paso a los eléctricos.
- Dando paso a los eléctricos se comienza con la limpieza de cajas de derivación, debiendo habilitarlas retirando el aislamiento de poliuretano (aislapol) que protege dichas cajas del hormigón.
- Luego de esto realizan la rectificación de tuberías, tarea que se realiza después del hormigonado para verificar que sus tuberías se encuentren en buen estado para su utilización.
- Realizada la tarea anterior siguen con las instalaciones de primera cara, aquí se realiza la instalación de cajas de distribución (cajas en las que luego serán instalados los módulos).
- Dando paso al alambrado de cada sector.
- Pasada esta etapa realizan el armado de tableros por departamento.
- Luego la modulación, donde se instalan los enchufes e interruptores y corrientes débiles en general.
- Después se da paso a la instalación de la acometida eléctrica, la cual da paso a la electricidad para cada piso.
- Luego se realiza la instalación de los módulos de emergencia como sensores de humo, red inerte, palanca de incendio, sensor de movimiento, etc. Y también al tablero general del edificio (TDA).
- Finalizada esta tarea, se realizan supervisiones para dar paso a las entregas provisionales a la constructora.
- Para que luego sea supervisado por la SEC y dar entrega del certificado TE1.
- Dando paso a realizar la conexión final al empalme.
- Para finalizar el proceso con la entrega final de las instalaciones eléctricas a la constructora.

En la siguiente, Figura 5, es posible observar la secuencia general de ejecución de instalaciones eléctricas en edificios:

**Figura 5 Proceso de instalación eléctrica en edificios**

**Fuente: Elaboración Propia.**

Hay que tener en cuenta que estas tareas van siendo ejecutadas con respecto a los tiempos que son terminadas las tareas de la constructora por piso, por lo que la ejecución de estas no necesariamente mantienen el orden establecido anteriormente de forma general en el edificio, pero ese es el orden de ejecución por departamento y piso en general.

### **Recursos Humanos**

Según la información que fue entregada por el personal de la empresa contratista los operarios que trabajan directamente en la obra se pueden dividir en cinco categorías.

#### Categorías de los trabajadores de la obra

- Ayudante: Corresponde a la persona encargada de realizar la limpieza de cajas de derivación, realizar conexiones y el alambrado más simple y siempre bajo supervisión de un segundo encargado de esta labor.
- Ayudante adelantado: Corresponde al personal encargado de realizar la instalación en tabiquería, conexiones, modulación y losa; también siempre supervisado por el maestro.
- Maestro: Corresponde al encargado de realizar la instalación y verificación del trabajo en tabiquería, alambrado, modulación, armado de tablero e instalación en losa.
- Capataz: Encargado de supervisar y controlar la instalación eléctrica en terreno.
- Supervisor: Encargado de la supervisión en terreno, proveer de materiales eléctricos al trabajo en obra y también es el encargado de la documentación en obra.

## Remuneraciones

Las remuneraciones son canceladas cada mes según contrato y obra. En algunos casos se pueden realizar pagos quincenales en donde si corresponde a día festivo, sábado o domingo, se cancela el viernes anterior. De igual forma los días 30 es cancelado el saldo correspondiente. Todo esto debe quedar establecido en el contrato que realiza la empresa con cada trabajador.

Para cada tipo de trabajador de obra se definen sus sueldos en distintos rangos de acuerdo a su especialización o puesto de trabajo. Las remuneraciones de estos operarios varían entre los rangos presentados en la siguiente Figura 6:

**Figura 6 Rangos de sueldos aproximados que utiliza la empresa Puerto Alegre S.A.**

<b>Tipo de operario</b>	<b>Supervisor</b>	<b>Capataz</b>	<b>Maestro</b>	<b>Ayudante adelantado</b>	<b>Ayudante</b>
<b>Desde (mensual)</b>	\$ 630.000	\$ 550.000	\$ 480.000	\$ 380.000	\$ 300.000
<b>Hasta (mensual)</b>	\$ 600.000	\$ 520.000	\$ 400.000	\$ 340.000	\$ 240.000
<b>Promedio</b>	\$ 615.000	\$ 535.000	\$ 440.000	\$ 360.000	\$ 270.000

**Fuente: Elaboración Propia**

Según los datos recopilados el total de trabajadores que utiliza esta empresa en periodos de avance pleno son de 35 a 45 empleados aproximados mensualmente, variando su cantidad de acuerdo a la etapa en la que se encuentre cada obra y a cuantas empresas les está entregando sus servicios.

### **Tipo de Proyecto y duración**

Éstos pueden ser clasificados en dos tipos:

- Proyecto en construcción:

Su duración depende del tamaño de la obra pero en general se consideran aproximadamente la construcción de 3 a 4 pisos de avance por edificio de obra gruesa mensualmente.

- Proyecto de mantención:

Su duración está relacionada a la dificultad y magnitud de la reparación, restauración, mantención o nueva instalación en una antigua edificación.

Los pagos a la empresa Puerto Alegre S.A. son establecidos en los contratos por lo que son realizados según sus consideraciones. Éstas pueden ser por etapa, por avances, por tiempo, o por lo que se haya acordado con antelación. A continuación en la Tabla 5 se muestran, los pagos del periodo Enero - Diciembre del año 2012.

**Tabla 5 Pagos de cada obra mensualmente del año 2012**

Pagos	"Alto oriente" RVC	"Villa san Luis" LM construcciones I	"Villa san Luis" LM construcciones II	"Villa san Luis" LM construcciones III	Transporte CCU Ltda	"Carmen 223" RVC	Escuela moderna de musica	"Edificios Viña Plaza" Icafál	"Vista del Valle" RVC
Enero	Pago 4	Pago 8	Pago 6	Pago 1-3	Pago 1				
Febrero	Pago 5 - 6		Pago 7	Pago 4	Pago 2				
Marzo		Pago 9	Pago 8	Pago 2		Pago 1	Pago 1		
Abril	Pago 7-8	Pago 4-5	Pago 9	Pago 5		Pago 2		Pago 1	Pago 1
Mayo	Pago 9				Pago 3	Pago 3			Pago 2
Junio	Pago 10		Pago 10	Pago 6		Pago 4			Pago 3
Julio				Pago 7		Pago 5			Pago 4
Agosto	Pago 11 - 12		Pago 11			Pago 6			Pago 5
Septiembre	Pago 13 - 14					Pago 7			Pago 6
Octubre	Pago 15					Pago 8			Pago 7
Noviembre	Pago 16		Pago 12						Pago 8
Diciembre	Pago 17								

Pagos	Agrometal EIRL (reinstalacion de empalme, reemplazo, etc)	"Los Templarios" Constructora Besalco Ltda	"Boulevard" RVC	Taller arteanal de joyas	Sociedad de servicios Alto del Arrayán Ltda (Postación)	Obras Menores	Power Solutions Ingeniería Ltda	Panadería	"Villa san Luis I, II, III" (planta tratamiento de aguas) LM construcciones	Inmobiliaria e Inversiones Zuleta
Enero										
Febrero										
Marzo										
Abril										
Mayo	Pago 1	Pago 1								
Junio		Pago 2	Pago 2	Pago 1						Pago 1
Julio		Pago 3	Pago 3							
Agosto			Pago 4							
Septiembre		Pago 4	Pago 5						Pago 1	
Octubre					Pago 1	Pago 1			Pago 2	
Noviembre			Pago 6				Pago 1	Pago 1	Pago 3	
Diciembre			Pago 7							

Fuente: Elaboración Propia

Las casillas en blanco que se muestran en la Tabla 5 significan un no pago a la empresa que se puede deber:

- Al no cumplimiento del avance del servicio (lo cual implica que el pago se posterga).
- A que el tipo de pago que se estableció no necesariamente se realiza mensualmente.

### Proveedores

La empresa se abastece mediante la compra de materiales según las necesidades de cada proyecto, son parcialmente almacenados en las mismas obras y se efectúan en la sucursal del proveedor más cercana; son canceladas con pago al día o 30 días. Debido a que éstos son comprados según sus requerimientos de no ser utilizados son almacenados en la bodega de la empresa. Algunos de los materiales más requeridos se encuentran en la siguiente Tabla 6.

**Tabla 6 Listado de algunos de los tipos de materiales más requeridos.**

Armarios y Cajas	Material de Seguridad	Conductores Eléctricos
Iluminación	Conductos, Herrajes y Accesorios	Bandejas-Canaletas y Accesorios
Enchufes Industriales	Escaleras de Aluminio y Fibra de Vidrio	Capacitores de Potencia
Material para Mallas de Tierra	Pilas Cargadores Linternas	Interruptores Automáticos, Diferenciales y Accesorios
Fusibles y Accesorios	Contactores, Relés Térmicos y Accesorios	Control Industrial
Controladores Lógicos Programables	Pantalla Interface Máquina-Hombre	Variadores de Frecuencia
Partidores Suaves	Servo Motores y Amplificadores	Motores Paso a Paso
Sensores	Analizadores y Controladores de Energía	Relés de Control y Mando
Fuentes de Poder y Transformadores	Control de Presión y Temperatura	Herramientas y Accesorios para Instalaciones Eléctricas
Material Eléctrico Domiciliario	Materiales para Tableros Eléctricos	Instrumentos para Tableros Eléctricos
Terminales, Uniones y Accesorios	Multímetros Portátiles	Señalización Acústica y Luminosa
Accesorios para Cableado		

Fuente: Elaboración Propia

Algunos de los proveedores más utilizados para la compra de sus materiales son:

Rhona S.A.	Electricidad Gobantes S.A.	Extraelec.	Dartel S.A.
Sodimac.	Covisa.	Tecnored	

**Figura 7 Listado de Proveedores**

Fuente: Elaboración Propia

## Cientes

La empresa Puerto Alegre está enfocada a prestar sus servicios de instalaciones eléctricas a las constructoras que están realizando nuevos proyectos de edificios residenciales, supermercados o centros comerciales. También presta servicio de reparaciones y mantenimientos en colegios, restaurantes, pequeños locales comerciales y en general presta sus servicios a todo tipo de clientes ya sean pertenecientes al sector público y/o privado. Algunos de sus clientes se muestran en la Figura 8.

**Figura 8 Principales Clientes de Puerto Alegre S.A.**



**Fuente: Elaboración Propia**

A lo largo de sus años de prestación de servicios Puerto Alegre ha adquirido una pequeña pero constante cantidad de proyectos que les ha proporcionado clientes que con frecuencia requieren de sus servicios. Durante el año 2012 los proyectos ejecutados fueron los siguientes:

- Edificio “Alto Oriente” de la Empresa constructora RVC ubicado en Viña del Mar.
- Centro comercial y supermercado “Boulevard” de la Empresa constructora RVC ubicado en Valparaíso.



- Edificio “Barrio Bosque Inglés” de la Empresa constructora RVC ubicado en Valparaíso.

— BARRIO —  
BOSQUE INGLÉS



- Edificio “Vista del Valle” de la Empresa constructora RVC ubicado en Valparaíso.

EDIFICIO  
VISTA DEL VALLE  
BARRIO BOSQUE INGLÉS



- Edificio “Carmen 223” de la Empresa constructora RVC ubicado en Santiago.

Edificio  
Carmen 233



- Condominio de edificios “Villa san Luis I, II y III”, cada etapa compuesta por 120 viviendas, de la Empresa LM construcciones ubicado en Los Ángeles.



- Instalación empalme a “Edificios Viña plaza” de la Empresa constructora Icafal ubicado en Viña del Mar.

EDIFICIOS  
Viña Plaza



- Condominio de edificios “Los templarios” de la Empresa Besalco Construcciones ubicado en Viña del Mar.

Los Templarios



Puerto Alegre también realizó obras de menor tamaño durante el año 2012, siendo algunas de ellas:

- Postación “Sociedad de Servicios Alto del Arrayan Ltda” ubicado en Quilpué.
- Obras de Power Solutions Ingeniería Eléctrica.
- Mantención bodega CCU área de transportes ubicada en Valparaíso.
- Mantención Escuela Moderna de Música ubicada en Viña del Mar.
- Reinstalación empalme AgroMetal EIRL ubicado en Santiago.
- Obras menores para la Inmobiliaria e Inversiones Zuleta en Quilpué.
- Otras Obras Menores.

Esta empresa se ha hecho conocida gracias a la calidad en la entrega de sus servicios, que le han llevado tanto a nivel regional como nacional. A continuación en la Tabla 7 se muestra un resumen de las obras concretadas por la empresa el año 2012.

**Tabla 7 Resumen obras dentro del periodo año 2012**

Pagos	"Alto oriente" RVC	"Villa san Luis" LM construcciones I	"Villa san Luis" LM construcciones II	"Villa san Luis" LM construcciones III	Transporte CCCU Ltda	"Carmen 223" RVC	Escuela moderna de musica	"Edificios Viña Plaza" Icañal	"Vista del Valle" RVC	Agrometal EIRL (reinstalacion de empalme, reemplazo, etc)
Enero	\$ 5.074.165	\$ 24.213.706			\$ 1.273.815					
Febrero	\$ 9.936.132		\$ 2.372.112	\$ 2.193.826	\$ 874.650					
Marzo		\$ 6.148.660	\$ 1.777.843			\$ 717.859	\$ 109.480			
Abril	\$ 9.991.132	\$ 10.110.267	\$ 3.272.112	\$ 2.913.826		\$ 6.154.353		\$ 2.380.000	\$ 6.276.834	
Mayo	\$ 5.110.123				\$ 1.051.960	\$ 6.284.376			\$ 6.578.839	\$ 745.000
Junio	\$ 8.503.896		\$ 1.838.864	\$ 2.101.152		\$ 7.928.750			\$ 6.872.895	
Julio		\$ 5.311.444				\$ 7.928.750			\$ 6.745.545	
Agosto	\$ 4.262.175		\$ 1.994.125			\$ 7.824.240			\$ 4.927.607	
Septiembre	\$ 10.479.609					\$ 6.570.984			\$ 8.772.608	
Octubre	\$ 3.365.351					\$ 6.282.776			\$ 7.242.884	
Noviembre	\$ 5.382.027		\$ 533.863						\$ 5.639.453	
Diciembre										
<b>Anual</b>	<b>\$ 62.104.610</b>	<b>\$ 45.784.077</b>	<b>\$ 11.788.919</b>	<b>\$ 7.208.804</b>	<b>\$ 3.200.425</b>	<b>\$ 49.692.088</b>	<b>\$ 109.480</b>	<b>\$ 2.380.000</b>	<b>\$ 53.056.665</b>	<b>\$ 745.000</b>
Pagos	"Los Templarios" Constructora Besalco Ltda	"Boulevard" RVC	Taller artesanal de joyas	Sociedad de servicios Alto del Arrayan Ltda (Postación)	Obras Menores	Power Solutions Ingeniería Ltda	Panaderia	"Villa san Luis I, II, III" (planta tratamiento de aguas) LM construcciones	Inmobiliaria e Inversiones Zuleta	Ingresos Mensuales
Enero										\$ 30.561.686
Febrero										\$ 15.376.720
Marzo										\$ 8.753.842
Abril										\$ 41.098.524
Mayo	\$ 7.163.509									\$ 26.933.807
Junio	\$ 6.683.670	\$ 12.097.252	\$ 112.000						\$ 1.346.154	\$ 47.484.633
Julio	\$ 8.908.973	\$ 10.362.357								\$ 39.257.069
Agosto		\$ 8.458.744								\$ 27.466.891
Septiembre	\$ 4.206.217	\$ 9.885.081								\$ 39.914.499
Octubre				\$ 30.940.000	\$ 2.142.000					\$ 49.973.011
Noviembre		\$ 1.315.724				\$ 1.785.000	\$ 963.900	\$ 1.960.182		\$ 17.580.149
Diciembre										\$ 0
<b>Anual</b>	<b>\$ 26.962.369</b>	<b>\$ 42.119.158</b>	<b>\$ 112.000</b>	<b>\$ 30.940.000</b>	<b>\$ 2.142.000</b>	<b>\$ 1.785.000</b>	<b>\$ 963.900</b>	<b>\$ 1.960.182</b>	<b>\$ 1.346.154</b>	<b>\$ 344.400.831</b>

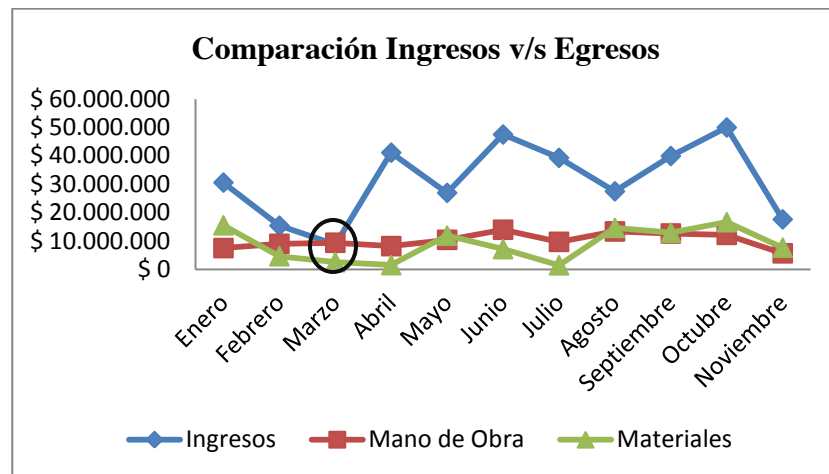
**Fuente: Elaboración Propia**

### 1.3 Descripción del Problema

Uno de los grandes problemas que presentan las PYME es la falta de planificación de los recursos humanos y esto se produce cuando se contrata personal sin medir las consecuencias que pueden acarrear dichas contrataciones.

Problema al cual no está ajeno Puerto Alegre y es producido debido a que deben efectuar contrataciones temporales generando aumento en sus costos de mano de obra. Un ejemplo claro de este problema se produjo en Marzo del año 2012 en donde la mano de obra presentó un aumento frente a los ingresos de la empresa, en aproximadamente un 6%, demostrado en el Gráfico 1. Podemos afirmar mediante el comportamiento de los datos que los gastos de materiales son proporcionales a los ingresos, a diferencia de los gastos en mano de obra que demuestran poca dependencia frente a los ingresos por avance.

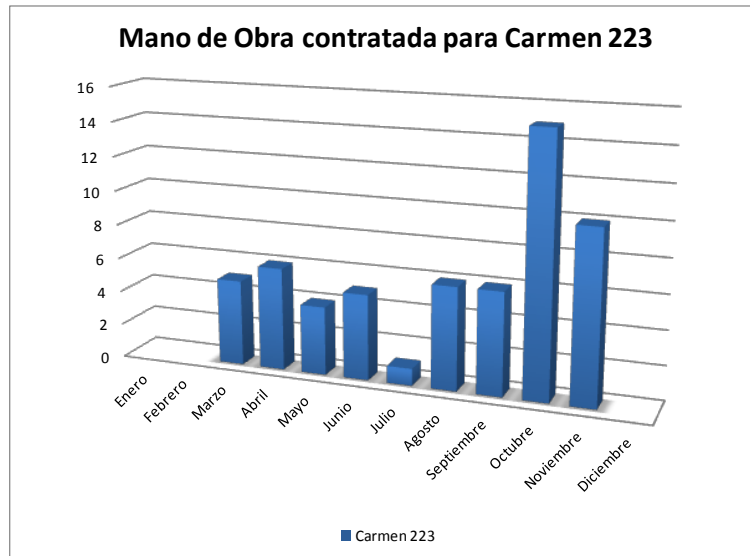
Gráfico 1 Gráfico comparativo de Ingresos/Egresos de Puerto Alegre S.A.



Fuente: Elaboración Propia

Un ejemplo real de este problema se produjo en el proyecto de la empresa constructora RVC “Carmen 233” realizada en Santiago, donde habían comenzado a prestar sus servicios en el mes de Marzo del año 2012 y que luego de cuatro meses de obra debido a problemas ajenos a Puerto Alegre, la lentitud del avance general, provocó que tuvieran que disminuir el personal drásticamente en el mes de Julio, a un 20% de la contratación que tenían para dicho proyecto, lo que luego en el mes de Octubre cuando la empresa constructora retomó el ritmo de avance, Puerto Alegre debió realizar nuevas contrataciones, como se muestra en el Gráfico 2.

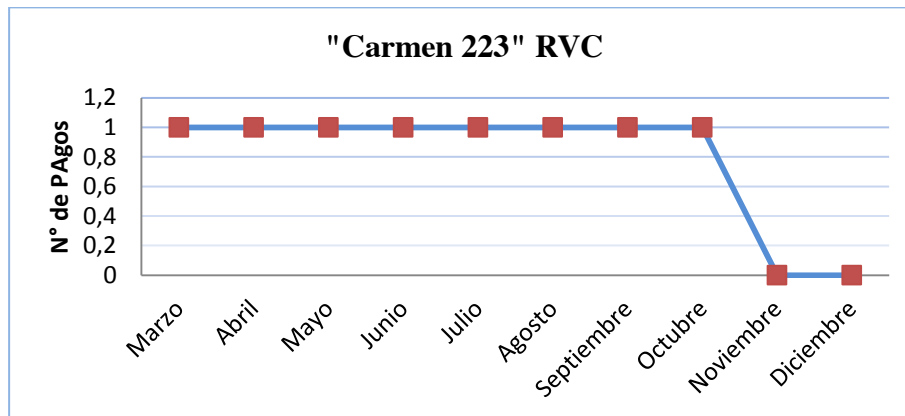
Gráfico 2 Gráfica de cantidad de mano de obra mensual en “Carmen 223” de RVC



Fuente: Elaboración Propia

Este problema provocó que luego del pago 8 que se realizó en el mes de Octubre del mismo año, en Noviembre se pusiera fin al contrato con la constructora provocando que los trabajos en ejecución del respectivo mes no fueran entregados, causando el no pago a la empresa y a la acumulación de trabajadores sin remuneración y sin trabajos que realizar. Esto se encuentra representado en el Gráfico 3.

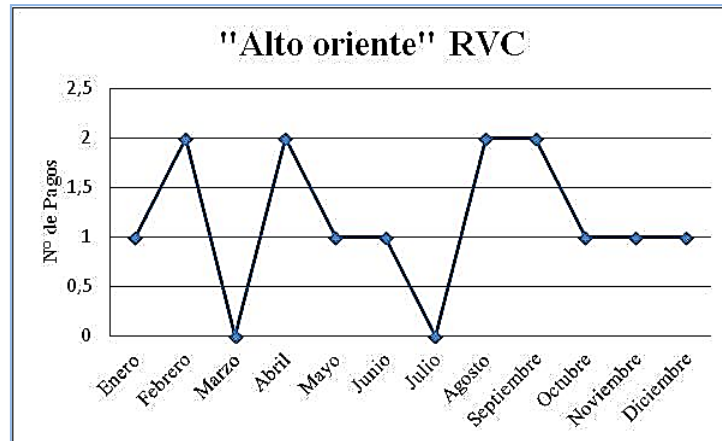
Gráfico 3 Gráfico de Pagos de “Carmen 223” de RVC a Puerto Alegre.



Fuente: Elaboración Propia

Otro caso de no pago se produce en el proyecto Alto Oriente de empresa constructora RVC en Viña del Mar, esta vez se adjudica a que la cantidad de trabajadores se vio disminuida (pasando de tener 15 en el mes de Febrero a 9 en el mes de Marzo), lo que provocó que no se cumpliera a tiempo el avance de obra, lo mismo sucedió en el mes de Julio, imposibilitando realizar los estado de pago por avance que le proporcionarían los pagos correspondientes, presentado en el Gráfico 4.

**Gráfico 4 Gráfico de Pagos de “Alto Oriente” de RVC a Puerto Alegre.**



**Fuente: Elaboración Propia**

Luego de haber analizado el comportamiento de los datos proporcionados por la empresa, se observó particularmente que presenta dificultades en la dotación y en la asignación de sus trabajadores en los proyectos correspondientes a instalaciones eléctricas en nuevos edificios. Encontrando desorganización en las contrataciones y en la división de tareas.

Debido a estos hechos la empresa debe incurrir en costos fuera de las estimaciones del proyecto, perdiendo su autofinanciamiento y generando que no sólo se tengan desordenes en un proyecto sino que en todo el funcionamiento de la empresa.

Los problemas antes mencionados podrían deberse a distintas causas, algunas de ellas podrían ser las siguientes:

- Falta de planificación de recursos de personal.
- Inadecuada dotación y asignación de los trabajadores.
- Atrasos en las tareas debido a la propia empresa o a cambios en los requerimientos de la empresa contratante.
- Inapropiadas políticas de remuneración.
- Entre otros.

El no poseer un método que les permita determinar las cantidades de personal a utilizar por avance de obra, genera que muchas de las decisiones que se toman con respecto a esto sean hechas en base a la experiencia del dueño, por lo que encontramos surge la necesidad de programar la asignación de los recursos de personal, reduciendo su dotación para poder llevar a cabo la ejecución de los proyectos, en plazos establecidos.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Propuesta de dotación óptima y programación de recursos humanos para lograr una asignación adecuada y evitar costos eventuales; mejorando su utilización en los proyectos correspondientes a nuevas construcciones.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Análisis de la situación actual de la empresa respecto a la dotación y asignación de recursos humanos, determinando la información necesaria, para un levantamiento de procesos.
- Recopilar datos acerca de los trabajadores y de las tareas que éstos deben cumplir en cada proyecto, clasificándolas en tareas típicas, que permitan conocer en detalle las funciones que debe realizar cada trabajador.
- Realizar una revisión bibliográfica de diferentes modelos teóricos acerca de programación de personal, para proponer y adaptar un modelo de asignación y disposición de recursos.
- Demostrar los beneficios que se obtendrían al implementar la programación.
- Proponer medidas de implementación, para que la empresa pueda realizar seguimiento y control de próximos proyectos.

## **1.5 Resultados Esperados**

- Determinar la dotación para la asignación óptima del personal que resuelva los problemas encontrados y logre prevenir costos extras en mano de obra.
- Disminuir la incertidumbre de la cantidad de contrataciones que debe incurrir la empresa.
- Entregar una propuesta de medidas de Implementación del modelo en la Empresa que demuestre el resultado que ésta obtendría al realizar dicha implementación.

## **Capítulo II: Marco teórico**

---

*En este Capítulo se muestra la base conceptual que guía a esta memoria para poder resolver los objetivos planteados y los problemas encontrados en Puerto Alegre S.A.*

## **2 Marco Teórico**

### **2.1 Planificación de Recursos Humanos**

La planificación de los recursos humanos está relacionada con el flujo de personas que entran y salen de la organización e involucra las necesidades laborales, tanto al suministro como a la planificación de éstos, para asegurar que la organización tendrá los empleados calificados cuándo y dónde se requieran.

Para planificar los recursos humanos de una empresa se debe tener en cuenta la oferta laboral interna de ésta, correspondiente a los individuos que están empleados, y que pueden ayudar a cubrir demandas futuras al ser promovidos, transferidos o para llenar una vacante. Esta oferta cambia constantemente en la medida que gente sale, se retira, se jubila o es despedida.

Una correcta planificación de los recursos humanos de la empresa es una de las formas de rentabilizar el trabajo, para que éste sea más eficiente y su impacto pueda mejorar la calidad del trabajo de la organización. Algunas de las ventajas que se pueden obtener con la planeación de los recursos humanos son:

- Mejorar utilización de los recursos humanos.
- Economizar en las contrataciones.
- Expandir la base de datos del personal, para apoyar otros campos.

#### **2.1.1 Aspectos relevantes para realizar la planificación de Recursos Humanos**

Para diseñar un sistema de planificación de recursos humanos existen muchos aspectos a tomar en cuenta, entre ellos podemos nombrar:

- Los puestos de trabajo que se deben tener en cuenta.
- El número de personas que se necesitan por tipo de trabajo.
- Puestos de más alta exigencia e importancia.
- Puestos que son considerados de apoyo y de menos importancia.

### **2.2 Metodologías para la Gestión y Planificación de Recursos Humanos**

Entendemos por metodología un conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar una gama de objetivos, como por ejemplo organizar y manejar recursos humanos; como también saber cuáles son prácticas para lograr dicha gestión.

Por lo que en esta sección realizaremos el estudio de algún método que permita satisfacer dichos objetivos, entendiendo que la fase de métodos debe preceder a la fase de

selección de herramientas, ya que las herramientas son requeridas para automatizar y facilitar la aplicación de la metodología seleccionada.

En general para realizar la planificación de recursos humanos se utilizan métodos basados en información histórica, como:

Método Matemático: El método matemático más simple utiliza sólo un factor para predecir la demanda. Por ejemplo, puede predecir la necesidad laboral solo examinando los niveles de contratación durante los últimos años, observar la tendencia y observar la misma para los próximos años.

Método de Juzgamiento: Este método utiliza el conocimiento de la gente para predecir el futuro (información cuantitativa y la intuición). Se usa mucho en las pequeñas empresas o por aquellos que no tienen experiencia en métodos más complejos y se puede utilizar dos técnicas:

a. Técnica de grupo nominal

- Se presenta a un grupo de gerentes el tema.
- Cada uno de los participantes procede a poner por escrito las respuestas que estimen pertinentes.
- Después de 10 minutos, se discuten las sugerencias en grupo y se anotan las iniciativas de esta discusión.

b. Técnica de Delfos

Se basa en que un grupo llegue a un consenso sobre una proyección.

- El primer paso es desarrollar un cuestionario anónimo que le pregunte al experto una opinión y porque tiene esa opinión.
- Los resultados son compilados y regresados a los expertos junto con un segundo cuestionario anónimo.
- El proceso se repite varias veces hasta que se logra un consenso.
- El proceso se repite varias veces hasta que se logra un consenso. Este método no es muy efectivo si se requiere la respuesta de forma rápida.

Ya que ambos métodos nombrados están basados en información histórica no serán utilizados en este trabajo de título debido a que la empresa no presenta ningún tipo de tendencia con respecto a sus recursos humanos y tampoco posee cargos con los que se puedan llevar a cabo las técnicas realizadas por grupo de expertos.

Otro tipo de metodología que se puede utilizar para la resolución de problemas de planificación de recursos humanos, respondiendo a la falta de organización de éstos, se puede lograr mediante la investigación de operaciones. La cual apoya a las empresas dando un enfoque matemático, permitiendo el análisis de la toma de decisiones, teniendo en cuenta la escasez de recursos determinando cómo se puede optimizar un objetivo definido como la maximización de los beneficios o la minimización de costos.

De acuerdo a la información que se ha recopilado con respecto a las metodologías capaces de ayudar con la planificación de recursos humanos se llegó a la conclusión de utilizar la metodología de investigación de operaciones para la resolución del problema de Puerto Alegre S.A.

### **2.2.1 Metodología de Investigación de Operaciones**

La investigación de operaciones se aplica a problemas que se refieren a conducción y coordinación de operaciones o actividades dentro de una organización, utilizando en gran medida el método científico a través de modelos matemáticos con el objetivo de encontrar la mejor solución o solución óptima para el problema tratado.

Para la investigación de operaciones se deben tener en cuenta los siguientes conceptos:

- Variables de decisión:

Son aquellas que representan las decisiones que se pueden tomar para afectar el valor de la función objetivo, siendo estas variables dependientes o independientes.

- Función Objetivo:

Es la medida cuantitativa del funcionamiento del sistema que se desea optimizar ya sea para maximizar o minimizar.

- Restricciones:

Representan el conjunto de relaciones que ciertas variables están obligadas a satisfacer. Estas restricciones pueden ser de capacidad, mercado, materia prima, calidad, balance de materiales, etc.

- Modelo Matemático:

Es la representación cuantitativa del problema para elegir los valores de las variables de decisión de manera que maximice o minimice la función objetivo, sujeta a las restricciones dadas. La representación debe ser precisa para que las soluciones entregadas sean válidas y claras para el problema real.

Para llevar a cabo la metodología de la Investigación de Operaciones se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

1) Definición del problema y recopilación de datos relevante en donde se debe considerar:

- Dimensión espacial del sistema: Límites entre el sistema y el medio o marco de referencia.

- Dimensión temporal u horizonte: Período para el cual se hará el diseño y establecimiento de las unidades temporales.

- Niveles de la decisión: Definir las decisiones que aborda el estudio y cuáles las no abordadas.

- Interrelación entre las decisiones que serán abordadas.

- El error que se está dispuesto a aceptar en la solución.

- Plazos establecidos para el estudio y al equipo de trabajo y sus características.
- Metodologías con que se cuenta y a las características de los equipos computacionales.

## 2) Construcción del Modelo Matemático:

- La principal característica de la Investigación de Operaciones es la utilización de modelos matemáticos para la resolución de problemas.
- Un modelo es una representación idealizada (aproximada) de un sistema con un objetivo determinado.
- Los elementos característicos de un modelo matemático son:
  - Datos.
  - Variables: Endógenas, Exógenas (Parámetros), de Estado.
  - Restricciones.
  - Función Objetivo.

## 3) Resolución del Modelo:

Consiste en determinar los valores de las variables de decisión de manera que se cumplan las restricciones consideradas optimizando la función objetivo. Existen 2 formas de resolver el modelo:

a) Solución Analítica: El valor de las variables se obtiene explícitamente en función de los parámetros del modelo por medio de operaciones de cálculo y álgebra.

b) Solución numérica: El valor de las variables se obtiene por medio de métodos de optimización. Estos procedimientos son generalmente iterativos.

En el caso de resolver numéricamente el problema se utiliza algún software de optimización como Cplex, Lindo, etc.

## 4) Verificación y Validación del Modelo:

- Es necesario verificar si la solución es razonable, para luego realizar pruebas de consistencia, validez de los supuestos, etc.
- Al validar el modelo se determina su capacidad para predecir razonablemente el comportamiento del sistema ante diversas alternativas de decisión, y bajo qué condiciones esto ocurre.
- Si el modelo no cumple las 2 condiciones anteriores, debe ser corregido revisando sus datos, variables, restricciones y función objetivo.

## 5) Realizar un análisis de los resultados del modelo.

## 6) Propuesta de implementación del modelo

Un modelo correcto es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones en la organización y considera:

- Establecer procedimientos al interior de la organización que aseguren la disponibilidad de los datos que el modelo requiere, en forma oportuna y con consistencia.
- Establecer procedimientos que permitan, con los datos resolver el modelo y obtener así las soluciones.
- Establecer procedimientos que permitan transformar las soluciones propuestas por el modelo en acciones en la organización.

A continuación se detallarán algunos de los modelos que satisfacen la problemática de la empresa de acuerdo a la metodología de investigación de operaciones.

### **2.3 Modelos de Investigación de Operación de Tareas y Asignación de Recursos**

La Investigación de Operaciones es la respuesta de la ciencia moderna con base en las matemáticas a los complejos problemas que surgen de la administración de recursos limitados como personas, dinero y materiales. Para lograr el mejor resultado se deben equilibrar los procesos operativos ya que algunos problemas prácticos de programación tienen que ser gestionados de manera eficiente.

Algunos algoritmos clásicos de Investigación de Operaciones que se desarrollan de manera más popular son por ejemplo la Programación Lineal, la Programación Entera, Binaria, los modelos de redes, algoritmos de punto interior, simulación, etc.

Uno de los modelos base utilizado en la investigación de operaciones para *scheduling* es el modelo de programación para la solución de problemas en proyectos de recursos limitados RCPS. Este modelo puede ser modificado de acuerdo a las distintas restricciones a las que se enfrentan los proyectos, por lo que realizando dichos cambios se puede hablar de un Multi-modo de programación de recursos limitados MRCPSP.

El problema de la programación de actividades de acuerdo con los recursos y las restricciones de precedencia tienen como objetivo reducir al mínimo la duración de proyectos. En la literatura se conoce como problema de planificación de proyectos con recursos limitados RCPS, con restricciones que se refieren a los recursos como renovables limitados, tales como mano de obra, materiales y maquinarias que son necesarias para llevar a cabo las actividades del proyecto.

#### **Modelo RCPS**

El problema de programación de proyectos con recursos limitados RCPS es un modelo básico que asume que una actividad sólo puede ser realizada de una sola forma, es

decir, de un modo único que se da por sus necesidades de recursos fijos, duración determinada y duración de los recursos requeridos en el periodo activo del proyecto.

Este modelo consiste en actividades interrelacionadas caracterizadas por un tiempo de proceso conocido y necesidades de recursos dadas. El modelo RCPSP puede ser definido por las siguientes suposiciones:

- A.1 Un sólo proyecto consiste en una serie de actividades con el tiempo de proceso conocido.
- A.2 Los tiempos de procesamiento de las actividades son deterministas.
- A.3 La hora de inicio de cada actividad depende de la finalización de otras actividades (restricciones de precedencia).
- A.4 Los recursos están disponibles en cantidades limitadas y no son renovables durante el período.
- A.5 No hay sustitución entre los recursos.
- A.6 Las actividades no se pueden interrumpir.
- A.7 Sólo hay un modo de ejecución para cada actividad.
- A.8 El objetivo de gestión es reducir al mínimo el *makespan* de la duración del proyecto.

Para formular este modelo matemático se introducen los siguientes índices, parámetros y la variable de decisión:

### Índices

- $j$ : índice de las actividades ( $i=1, 2, \dots, i, \dots, J$ )
- $r$ : índice de los recursos no renovables ( $j = 1, \dots, R$ )

### Parámetros

- $J$ : número de actividades
- $R$ : número de recursos no renovables
- $p_j$ : El tiempo de procesamiento de la actividad  $i$
- $l_{rj}$ : La cantidad de recursos  $r$  consumida por la actividad  $j$
- $b_r$ : La máxima cantidad de  $r$  recursos limitados sólo están disponibles con la constante disponibilidad de tiempo
- $\text{Suc}(i)$ : El conjunto de los sucesores directos de la actividad  $i$
- $\text{Pre}(i)$ : El conjunto de los antecesores directos de la actividad  $i$

### VARIABLES DE DECISIÓN

- $t_j$ : La hora de finalización de la actividad  $j$
- $x_{jt}$ :  $\begin{cases} 1, & \text{si la actividad } j \text{ está programada en el tiempo } t \\ 0, & \text{de lo contrario} \end{cases}$

### Modelo Matemático

El modelo matemático RCPSP puede enunciarse como:

$$\min f_M = \max_j \{t_j\} \quad (1)$$

$$\text{s. t. } t_j - t_i \geq p_j, \quad \forall j \in \text{Suc}(i) \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^J l_{rj} x_{jt} \leq b_r, \quad \forall t, r \quad (3)$$

$$t_j \geq 0, \quad \forall j \quad (4)$$

$$x_{jt} = 0 \text{ or } 1 \quad \forall j, t \quad (5)$$

En este modelo matemático, el objetivo de la ecuación 1 es minimizar el *makespan* total. Mientras que las restricciones dadas en las ecuaciones 2 a 5 se utilizan para formular la viabilidad general, del problema.

Las restricciones que están dadas en las ecuaciones 4 y 5; representan la restricción integral habitual.

### Modelo MRCPSP

Es una variación del modelo básico RCPSP para *scheduling* que nos permite realizar cambios en las variables para poder adaptar dicho modelo a la forma más apropiada de la resolución de problemas de programación de recursos.

El MRCPSP se puede utilizar en varios proyectos que son una serie de actividades con conocidos tiempos de procesamiento y múltiples recursos. Las características generales del modelo MRCPSP se basan en algunos de los supuestos básicos del modelo de RCPSP y puede ser definido por las siguientes suposiciones:

A.1 Cuando se inicia un proyecto específico, que debe ser terminado sin cambiar a otro proyecto (restricciones de precedencia de varios proyectos).

A.2 La hora de inicio de cada actividad depende de la finalización de otras actividades (restricciones de precedencia de las actividades).

A.3 Los múltiples recursos están disponibles en cantidades limitadas, pero renovables de un período a otro.

A.4 Las actividades no pueden ser interrumpidas; sólo hay un modo de ejecución para cada actividad.

A.5 El objetivo de gestión es reducir al mínimo el tiempo total del proyecto y el total pena de retraso para todos los proyectos.

Para formular este modelo matemático se introducen los siguientes índices, parámetros y la variable de decisión:

## Índices

- $i$ : índice de proyectos,  $i = 0, \dots, m, \dots, I$  ( $0 \leq i \leq I$ ) ( $0$  o  $I$  son proyectos ficticios)
- $j$ : índice de actividad en cada proyecto,  $j = 0, \dots, n, \dots, J$  ( $0 \leq j \leq J$ ) (Suponemos que  $J$  es el número máximo de las actividades en cada proyecto;  $J = J_i$  y  $j = 0$  o  $J$  son actividades ficticias)
- $r$ : índice de recursos ( $r = 1, \dots, R$ )

## Parámetros

- $p_{ij}$ : El tiempo de procesamiento de la actividad  $j$  en el proyecto  $i$
- $l_{ijr}$ : La programación de la actividad  $j$  del Proyecto  $i$  consume unidades de recursos por periodo de recursos  $r$ .
- $b_r$ : La máxima cantidad de recurso  $r$  limitado sólo está disponible con el período de constante disponibilidad.
- $A_f$ : El conjunto de actividades que están en curso en el periodo  $f$
- $A_f = \{j \mid t_{ij}^S \leq f < t_{ij}^S + p_{ij}, i = 0, \dots, I\}$
- $t_i^D$ : La fecha de vencimiento del proyecto  $i$  (el plazo de entrega prometida del proyecto)
- $c_i^{TP}$ : El costo total penalización del proyecto  $i$  por unidad de tiempo
- $t_{ij}^S$ : Hora de inicio de la actividad  $j$  en el proyecto  $i$
- $t_{ij}^F$ : Terminar de tiempos de actividad  $j$  en el proyecto  $i$
- $t_{ij}^F$ : Tiempos de llegada de la última actividad de  $J$  en el proyecto  $i$

## VARIABLES DE DECISIÓN

- $t_{ij}^S$ : Hora de inicio de la actividad  $j$  en el proyecto  $i$

## Modelo Matemático

El modelo matemático puede enunciarse como:

$$\min t_F = \sum_{i=1}^I t_{iJ}^F \quad (1)$$

$$\min p_T = \sum_{i=1}^I c_i^{TP} (t_{iJ}^F - t_i^D) \quad (2)$$

$$\text{s. t. } t_{i-1}^S + p_{j-1} \leq t_{ij}^S, \quad \forall i, \forall j \quad (3)$$

$$\sum_{i \in A_f} \sum_{j \in A_f} l_{ijr} \leq b_r, \quad r \in R \quad (4)$$

$$t_{ij}^S \geq 0, \quad \forall i, \forall j \quad (5)$$

En este modelo matemático, la primera función objetivo (Ec. 1) minimiza el tiempo total del proyecto que es la suma de los tiempos de finalización de todos los proyectos; y la segunda función objetivo (Ec. 2), reduce la pena total de la tardanza de múltiples proyectos, que es la suma de los costos de penalización para todos los proyectos, donde el costo de penalización para un proyecto es la multiplicación de su costo pena de unidad y de la diferencia absoluta entre el tiempo de finalización y el tiempo de procesamiento, dado que el primero es más grande que el último. La restricción en la (Ec. 3) es el estado de relaciones de precedencia entre los proyectos relacionados. La restricción en la (Ec. 4) corresponde a la escasez de recursos considerandos no renovables. Limitaciones en la (Ec. 5) representa la restricción integralidad habitual.

### **Modelo de Asignación**

El problema de asignación es un tipo de problema de programación lineal en el que los asignados son recursos destinados a la realización de tareas. La asignación de personas a trabajos es una aplicación común del problema de asignación sin embargo también pueden ser máquinas, vehículos, entre otros.

En definitiva la formulación de un problema de asignación puede considerarse como un caso especial del Modelo de Transporte, en el que los recursos se asignan a las actividades en términos de uno a uno. Así entonces cada recurso debe asignarse de modo único a una actividad particular o asignación.

Para que un problema se ajuste a la definición de problema de transporte se deben cumplir las siguientes suposiciones:

- 1) El número de asignados es igual al número de tareas, (este número se denota por  $n$ ).
- 2) Cada asignado se asigna a una tarea.
- 3) Cada tarea debe realizarla exactamente un asignado.
- 4) Existe un costo  $c_{ij}$  asociado con el asignado  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) que realiza la tarea  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ).
- 5) El objetivo es determinar cómo se deben hacer las “ $n$ ” asignaciones para minimizar los costos totales.

Cualquier problema que satisface estas suposiciones puede resolverse en forma extremadamente eficiente mediante los algoritmos diseñados especialmente para los problemas de asignación.

El modelo matemático para el problema de asignación usa las siguientes variables de decisión:

$$x_{ij} = 1, \text{ si el asignado } i \text{ realiza la asignación } j$$

$$x_{ij} = 0, \text{ en caso contrario.}$$

Para  $i = 1, 2, \dots, n$  y  $j = 1, 2, \dots, n$ . Entonces, cada  $x_{ij}$  es una variable binaria, es decir, toma valores 0 ó 1. Estas variables representan decisiones de sí o no: ¿Debe el asignado  $i$  realizar la tarea  $j$ ?

Sea  $Z$  el costo total, el modelo del problema de asignación es:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

$$\text{Sujeta a: } \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, n$$

Se puede observar que los orígenes son asignados, y los destinos son las asignaciones o tareas y donde:

- Numero de orígenes ( $m$ ) = número de destinos ( $n$ ).
- Cada recurso  $s_i = 1$ .
- Cada demanda  $d_j = 1$ .

Luego de realizar el estudio de los distintos modelos matemáticos que satisfacen la problemática de la planificación de los recursos humanos, se llegó a la conclusión de utilizar el modelo MRCPSP.

Esta decisión se basa en que este modelo permite realizar los cambios que sean necesarios en las variables, ya que al ser el Multi-Modo de resolución de Problemas de Programación de Proyectos con Restricción de Recursos, se puede utilizar en varias actividades como proyectos y múltiples recursos, logrando adaptar dicho modelo a la forma más apropiada para la resolución del problema de la programación de los recursos humanos que presenta la empresa Puerto Alegre S.A.

A continuación se da a conocer las etapas que se deben seguir para la resolución del problema mediante la metodología de investigación de operaciones.

## 2.4 Metodología propuesta para resolver el problema

La metodología que se utilizara en el presente trabajo de título consta de distintas etapas y actividades, las cuales se detallan a continuación:

### Condición actual de la Empresa

Se debe recolectar y analizar información relevante, como los tipos de tareas que realizan y los tipos de trabajadores poder realizar sus asignaciones.

### Definición del problema

Definiremos el problema a resolver, las causas que lo estén generando y el sistema bajo estudio. Se analiza el tamaño del problema y se establece y documentan los supuestos; estos datos deben conseguir aplicabilidad en las soluciones.

### Construcción del Modelo Matemático

Antes de la construcción del modelo debemos realizar un estudio bibliográfico con el fin de tener un amplio espectro comparativo del problema y poder escribirlo matemáticamente. Se establece que el modelo necesario es el de asignación de recursos, de esta forma el modelo debe representar completamente el problema y uno de los que más se acomoda a tal problema corresponde al modelo MRCPSP ya que este puede ser modificado a conveniencia de la resolución de problemas. Se deben definir sus variables, ecuaciones, función objetivo y parámetros; que demuestren la materia en estudio, sus interrelaciones y faciliten el análisis.

### Resolución del modelo

Una vez terminada la etapa anterior se decide resolver el modelo de forma numérica y mediante métodos de optimización, para esto son utilizados algoritmos, métodos matemáticos y herramientas para su resolución.

- *Herramienta:* Desarrollaremos un modelo matemático a través del software de optimización Lindo What's best, complementando su utilización con el uso de planillas en Microsoft Excel.

- *Solución del Modelo:* Mediante la técnica utilizada resolveremos el problema según las condiciones de la empresa a modo general, es decir un modelo que no incluya los tiempos de ejecución de tareas ya que es una condición que no está en manos de ésta, debido a que dichos tiempos son establecidos por cada empresa constructora dependiendo de su avance.

- *Análisis de Resultados:* Debemos tener en cuenta que analizaremos los resultados generados por el modelo de acuerdo a comparaciones con datos reales de la empresa para saber si éste está bien establecido o si es necesario realizar nuevas revisiones en él.

### Verificación y Validación del Modelo

En esta etapa verificaremos si el modelo propuesto realiza lo esperado, se realizan las pruebas de consistencia, adaptando, probando y corrigiendo la aplicación según las necesidades de la empresa, sabiendo que el modelo es válido si éste representa el funcionamiento pasado bajo condiciones semejantes.

### Complementación del modelo mediante una Herramienta de administración apropiada

Ya que el resultado que entregara el modelo será sólo numérico se deberá complementar realizando su planificación mediante el software Microsoft Project.

### Análisis de resultado, conclusiones y recomendaciones

Se analizarán los principales parámetros del modelo, cantidad de trabajadores, mediante el resultado de la función objetivo, lo que dará paso a generar las conclusiones de acuerdo al cambio que el modelo generaría optimizando la cantidad de trabajadores a utilizar y el de sus costos asociados. Luego se podrán realizar las recomendaciones encontradas para la empresa.

#### Propuesta de Implementación del Modelo en la Empresa

Implementar el resultado del modelo obtenido para servir de apoyo a la toma de decisiones de la empresa de modo que se pueda utilizar en modo usuario por el personal para que lo puedan comprender, ya sea estableciendo procesos que permitan resolver el modelo e ir obteniendo soluciones y programación a través de Microsoft Project para enfrentar la solución a los problemas encontrados en forma de acciones dentro de la empresa.

## **Capítulo III: Metodología para la construcción del modelo matemático y su resolución**

---

*En esta sección se muestra la metodología propuesta detallada para la resolución del problema de la empresa mediante la simplificación y adaptación al modelo MRCPSP y el complemento de la herramienta Microsoft Project.*

### 3 Metodología propuesta para resolver el problema

Este capítulo detalla la metodología seleccionada para la resolución del problema, la cual ya fue descrita en el capítulo 2. Cabe mencionar que las tres primeras fases de la metodología, es decir la condición actual de la empresa, la recolección de la información y la definición del problema, ya fueron descritas anteriormente; mientras que el análisis de resultados y la propuesta de implementación se realizarán en el capítulo 4.

#### 3.1 Procesamiento de información

Antes de la construcción del modelo se debe realizar un estudio bibliográfico en relación al estudio con el fin de tener un amplio espectro comparativo del problema y poder escribirlo matemáticamente; estableciéndose que el modelo necesario es el de asignación de recursos, de esta forma el modelo debe representar el problema, uno de los que más se acomoda a tal problema corresponde al “Modelo MRCPSP”.

Para el desarrollo del modelo antes mencionado se deben obtener los parámetros que son necesarios, dado esto se establecen cuáles serán los requerimientos de información necesaria para poder desarrollar el modelo planteado.

La empresa cuenta con registros en documentos tangibles de:

- Datos correspondientes a los proyectos en los cuales han entregado sus servicios.
- Datos de los trabajadores con sus respectivos contratos, en donde se menciona el proyecto al cual perteneció como trabajador.

Por lo cual se realizó una base de datos de la empresa cuyo extracto se encuentra en Anexo 1.

La empresa llevó a cabo 21 Proyectos en año 2012 con promedio de 6 proyectos mensuales entre nuevas construcciones de edificios, un condominio de casas y variadas tipos de mantenciones. A continuación, en la Tabla 8, se encuentra un resumen de dichos proyectos:

**Tabla 8 Cantidad de proyectos mensuales**

Meses (2012)	Cantidad de Obras
<b>Enero</b>	3
<b>Febrero</b>	4
<b>Marzo</b>	4
<b>Abril</b>	6
<b>Mayo</b>	6
<b>Junio</b>	8
<b>Julio</b>	5

<b>Agosto</b>	5
<b>Septiembre</b>	5
<b>Octubre</b>	5
<b>Noviembre</b>	7
<b>Diciembre</b>	3
<b>Anual</b>	19

Fuente: Elaboración Propia.

Requerimiento de información de la cantidad de proyectos mensuales:

- Desglose de obras mensuales con sus respectivos pagos.
- Para establecer la cantidad de los proyectos mensuales utilizamos información recolectada del periodo 2012, en especial datos como pagos recibidos por avance de obra.

En el Anexo 1 se puede apreciar el extracto de los datos de manos de obra mensual, donde se encuentran sus remuneraciones.

Requerimiento de información de Cantidad de Mano de obra:

- Cantidad mensual de la empresa.
- Cantidad por proyecto.

Para poder determinar el requerimiento de mano de obra se realizó una recopilación de las remuneraciones de los trabajadores clasificados por obra, cuyo extracto se encuentra en Anexo 1 de Extracto de datos de Mano de Obra mensual por Obra (2012).

Clasificación de Mano de obra por:

- Tipo de operario.
- Cantidad de remuneración correspondiente al tipo de operario.

Cada contrato de trabajo no deja claro a cuál de los cinco tipos de trabajadores corresponde, pero si, mediante la información de las remuneraciones y las diferencias entre uno y otro se pudo hacer la clasificación de éstos, como se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9 Clasificación de operarios por remuneración.**

<b>Tipo de operario</b>	<b>Supervisor</b>	<b>Capataz</b>	<b>Maestro</b>	<b>Ayudante adelantado</b>	<b>Ayudante</b>
<b>Desde (mensual)</b>	\$ 630.000	\$ 550.000	\$ 480.000	\$ 380.000	\$ 300.000
<b>Hasta (mensual)</b>	\$ 600.000	\$ 520.000	\$ 400.000	\$ 340.000	\$ 240.000
<b>Promedio</b>	\$ 615.000	\$ 535.000	\$ 440.000	\$ 360.000	\$ 270.000

Fuente: Elaboración Propia.

Según días trabajados y sus remuneraciones se pudo realizar la clasificación de cada tipo de trabajador por obra del año 2012. Como se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10 Extracto de clasificación de tipo de trabajador por obra.**

Abril				Mayo			
Alto Oriente RVC				Alto Oriente RVC			
Trabajadores	RUT	Total haberes	Cargo	Trabajadores	RUT	Total haberes	Cargo
1	8140768-1	\$ 408.442	m	1	8140768-1	\$ 410.376	m
2	8376442-2	\$ 532.042	c	2	8376442-2	\$ 535.042	m
3	9891880-9	\$ 186.668	ad	3	9056917-1	\$ 326.334	ad
4	9522485-7	\$ 420.042	m	4	9522485-7	\$ 572.042	c
5	13384477-5	\$ 266.316	a	5	9891880-9	\$ 410.376	m
6	14627229-0	\$ 310.500	ad	6	12848879-0	\$ 127.500	a
7	16233869-2	\$ 350.418	m	7	13384477-5	\$ 382.500	m
8	16753243-8	\$ 191.666	a	8	14627229-0	\$ 382.500	m
9	17141950-6	\$ 371.466	m	9	16233869-2	\$ 382.500	m
10	17479495-2	\$ 310.500	ad	10	16753243-8	\$ 327.500	ad
11	23538690-9	\$ 420.642	m	11	17141950-6	\$ 120.000	a
				12	17479495-2	\$ 362.500	m
				13	23538690-9	\$ 410.376	m
	Maestros (m)	Ayudantes Adelantados (ad)	Ayudantes (a)		Maestros (m)	Ayudantes Adelantados (ad)	Ayudantes (a)
	5	3	2		8	2	2

Fuente: Elaboración Propia.

Luego se hizo un resumen semestral de lo anterior, lo cual demuestra que los supervisores no se encuentran asignados a una obra específica, es decir un supervisor es utilizado mensualmente para todas las obras. Por otra parte es asignado un Capataz por obra, según información proporcionada como antecedente general y que en la clasificación elaborada queda demostrado. Un extracto de la información recopilada correspondiente al año 2012, se muestra a continuación en la Tabla 11.

**Tabla 11 Extracto de Recursos mensuales por obra.**

		"Alto oriente" RVC					"Carmen 223" RVC					
		Supervisor	Capataz	Maestro	Ayudante Adelantado	Ayudante	Supervisor	Capataz	Maestro	Ayudante Adelantado	Ayudante	
<b>Cantidad de Recursos Mensuales</b>	Marzo		1	4	3	1	Marzo		1	3		1
	Abril		1	5	3	2	Abril		1	2	2	1
	Mayo		1	8	2	2	Mayo		1	3		
	Junio		1	11	1		Junio		1	3	1	
	Julio		1	5	2	1	Julio		1	3		2
	Agosto		1	8	2		Agosto		1	2		3

Fuente: Elaboración Propia.

Con la información de trabajadores mensuales del periodo 2012 por tipo de operario y por obra se unieron los proyectos correspondientes sólo a las instalaciones en nuevos edificios y se logró generar la Tabla 12 mostrada a continuación:

**Tabla 12 Trabajadores mensuales utilizados en obras de nuevos edificios.**

		Supervisor	Capataz	Maestro	Ayudante A.	Ayudante
<b>Cantidad de Recursos Mensuales utilizados</b>	Marzo	1	4	15	6	7
	Abril	1	5	15	0	4
	Mayo	1	3	16	4	5
	Junio	1	4	22	9	0
	Julio	1	4	16	5	6
	Agosto	1	3	13	4	3
	Promedio	1	4	16	6	4
	Semestral	6	24	96	36	24

**Fuente: Elaboración Propia**

Dado lo anterior se elaboró un resumen semestral, el cual muestra la cantidad de trabajadores utilizados mensuales por obra en la empresa Puerto Alegre S.A. Se estableció una “plena y media marcha” de la cantidad de recursos por tipo de trabajador en cada obra, demostrado en la Tabla 13.

**Tabla 13 Escenarios de recursos mensuales por obra.**

<i>Resumen Semestral de cantidad de Recursos en Edificios</i>					
<i>Cantidad de Recursos Mensuales por Obra</i>	Supervisor	Capataz	Maestro	Ayudante Adelantado	Ayudante
Plena macha	0	1	7	3	2
Media marcha (Comienzo/Término)	0	1	4	1	1

**Fuente: Elaboración Propia**

Tipo de Recurso (trabajador) que realiza cada Actividad en proyectos de nuevos edificios:

Partiendo por una clasificación de actividades básicas realizada en base a información entregada por el personal de la empresa se desarrolló una matriz de actividades versus mano de obra. El valor “1” implica que el trabajador puede realizar la actividad si fuese necesario y el valor “0” no debe realizarla. Tal como se muestra a continuación en la Tabla 14.

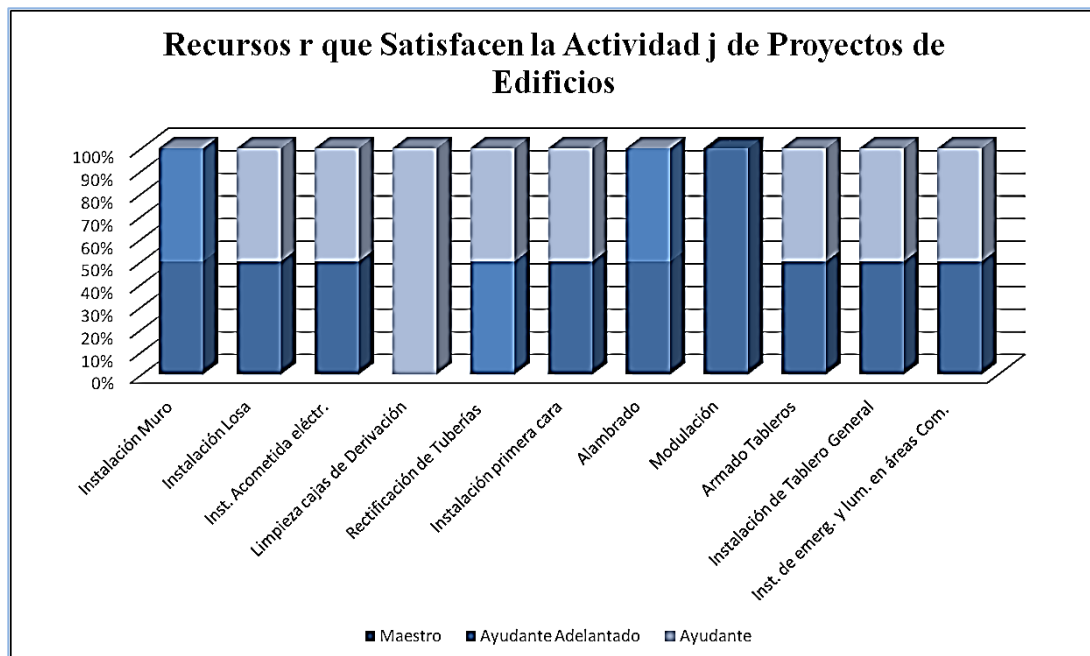
Tabla 14 Matriz Actividad/ Recursos en Edificios

<i>Edificios (Recursos r que satisfacen la actividad j de proyectos de edificios)</i>				
Actividades/Recursos		Maestro	Ayudante Adelantado	Ayudante
Obra gruesa	Instalación Muro	1	1	0
	Instalación Losa	1	0	1
Terminaciones	Instalación Acometida eléctrica	1	0	1
	Limpieza cajas de Derivación	0	0	1
	Rectificación de Tuberías	0	1	1
	Instalación primera cara	1	0	1
	Alambrado	1	1	0
	Modulación	1	0	0
	Armado Tableros	1	0	1
	Instalación de Tablero General	1	0	1
	Instalación de emergencia en áreas Comunes	1	0	1

Fuente: Elaboración Propia

Mientras que en el Gráfico 5 se puede observar la relación existente entre las actividades y los tipos de trabajadores.

Gráfico 5 Gráfico Actividades v/s Recursos.



Fuente: Elaboración Propia

A continuación, en la Figura 9, se da a conocer el modo en que se realizó el cálculo de la cantidad de actividades realizadas por cada tipo de trabajador, donde se entregará una proporción de los datos reales analizados y se planteará con ello dos escenarios acerca de la utilización real de trabajadores del periodo Marzo-Agosto del año 2012.

**Figura 9 Cálculo de Actividades realizadas por tipo de trabajador**

E65		:	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	$f_x$	=E62/E63
	C	D	E	F	G	
49	<b>Edificios (Recursos r que satisfacen la actividad j de proyectos de edificios)</b>					
50	Actividades/Recursos		Maestro	Ayudante Adelantado	Ayudante	
51	Obra gruesa	Instalación Muro	1	1	0	
52		Instalación Losa	1	0	1	
53	Terminaciones	Instalación Acometida eléctrica	1	0	1	
54		Limpieza cajas de Derivación	0	0	1	
55		Rectificación de Tuberías	0	1	1	
56		Instalación primera cara	1	0	1	
57		Alambrado	1	1	0	
58		Modulación	1	0	0	
59		Armado Tableros	1	0	1	
60		Instalación de Tablero General	1	0	1	
61		Instalación de emergencia en áreas Comunes	1	0	1	
62	Total de actividades posibles a realizar		9	3	8	
63	Cantidad de trabajadores	Promedio	7	3	2	
64		Mayor	11	3	2	
65	Cantidad de actividades j mensuales realizadas por el	Actividades Promedio realizadas por tipo de trabajador	1,285714	1	4	
66		Mínima cantidad de actividades realizadas por tipo de trabajador	1	1	2	

Fuente: Elaboración Propia.

Los escenarios serán planeados según perspectivas de avance:

- Plena Marcha (Normal).
- Media Marcha (Comienzo y término de obra)

Donde Plena marcha implica que los trabajadores avanzan de forma normal, es decir, cuando la empresa comienza a realizar más actividades, piso a piso. En cambio será media marcha cuando los trabajadores desarrollen menos actividades de lo normal, esto se produce al comienzo y término de las obras.

Con el fin de restringir que un trabajador participe o no en una actividad se le asigna una preferencia de gran valor  $r_j = M$ , en la Tabla 15 se muestran los tipos de trabajadores que no pueden ejecutar las actividades con el signo guion (“-“), sin embargo para efectos del modelo lo consideramos como un valor grande (M).

**Tabla 15 Restricciones de ejecución en base a remuneraciones para cada actividad.**

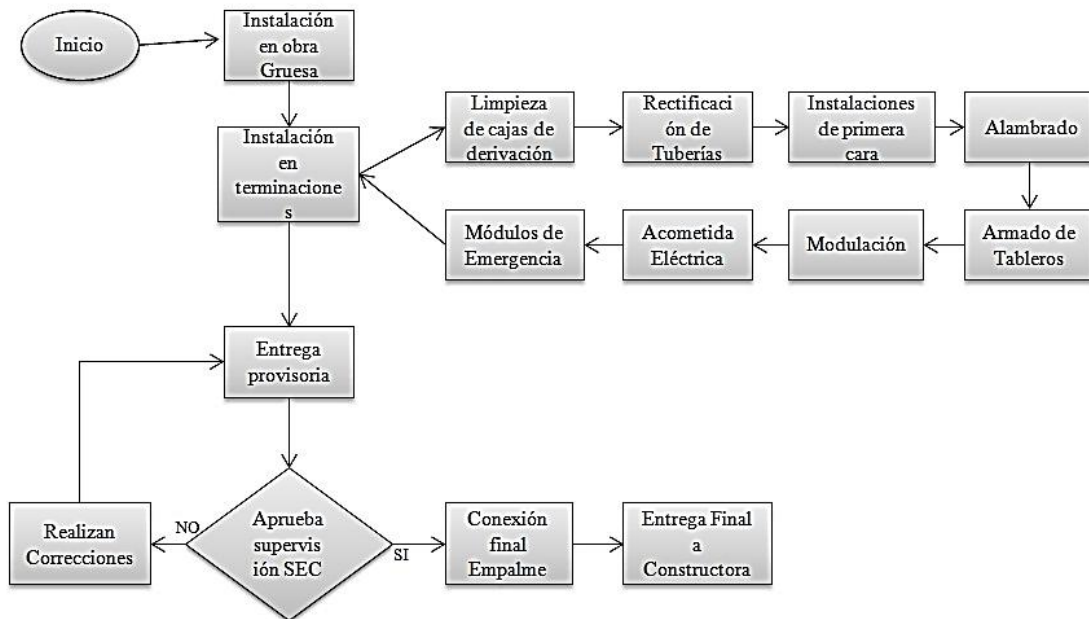
	Actividades	Remuneración $C_{rj}$ del recursos $r$ en la actividad $j$		
		Maestro ( $r=1$ )	Ayudante Adelantado ( $r=2$ )	Ayudante ( $r=3$ )
Obra	Instalación Muro	440.000	360.000	-
	Instalación Losa	440.000	-	270.000
Terminaciones	Instalación Acometida eléctrica	440.000	-	270.000
	Limpieza cajas de Derivación	-	-	270.000
	Rectificación de Tuberías	-	360.000	270.000
	Instalación primera cara	440.000	-	270.000
	Alambrado	440.000	360.000	-
	Modulación	440.000	-	-
	Armado Tableros	440.000	-	270.000
	Instalación de Tablero General	440.000	-	270.000
	Instalación de emergencia y luminarias en áreas Comunes	440.000	-	270.000

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.1.1 Diagrama de Proceso de la Instalación eléctrica de Edificios

Para visualizar de mejor manera el procedimiento que siguen los trabajadores en la instalación eléctrica de edificios, mediante información recolectada en la empresa, se creó el siguiente diagrama de actividades, representado en la Figura 10.

**Figura 10 Diagrama de proceso de instalación eléctrica en edificios.**

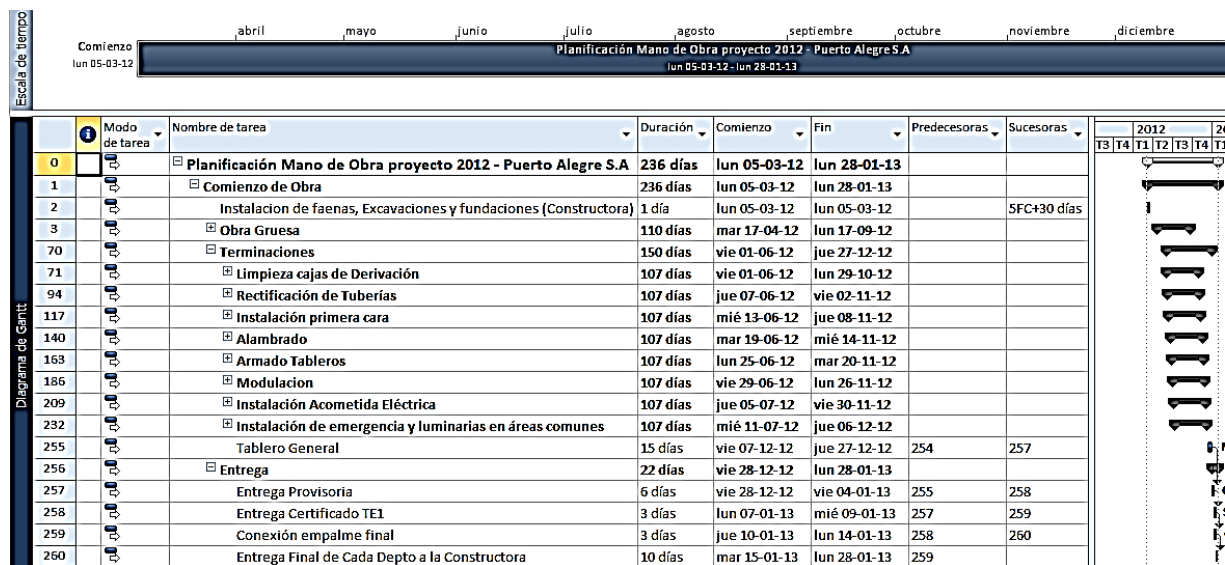


Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.2 Diagrama de escala de tiempos utilizados por proceso

También fue necesario elaborar, mediante Microsoft Project, una planificación tentativa del tiempo utilizado en cada actividad, el cual se detalla en la Figura 11.

Figura 11 Escala de tiempo por proceso según Microsoft Project



Fuente: Elaboración Propia

## 3.2 Construcción del Modelo Matemático

De las variadas formas de resolver el problema presentado se optará por asignar para luego programar. Se realizará la asignación con un modelo matemático simplificado basado en el modelo MRCPSP que determinará para cada periodo, la cantidad óptima de operarios necesarios para enfrentar la demanda de actividades en una obra; y será calculado en dos escenarios: Plena Marcha (Promedio o Normal) y Media Marcha (Comienzo y Término de obra). De esta manera se formará un inventario de operarios capacitados para desarrollar ciertas actividades. Una vez desarrollado el modelo de asignación se llevará a cabo la programación de la dotación de trabajadores por medio de Microsoft Project.

Para la construcción del modelo se definirán sus parámetros, variables, ecuaciones, función objetivo y restricciones; que demuestren la materia en estudio, sus interrelaciones y faciliten el análisis.

### Consideraciones

- Se debe formular un modelo de asignación basado en una simplificación y adaptación del modelo MRCPSP con el fin de obtener un desarrollo más sencillo.
- Se toma un periodo fijo de 6 meses para la realización del modelo base.

- Los múltiples recursos están disponibles en cantidades limitadas, pero renovables de una actividad a otra.
- Las actividades no pueden ser interrumpidas; sólo hay un modo de ejecución para cada actividad.
- El objetivo de la gestión es asignar de forma óptima los recursos para realizar las actividades en los plazos definidos y de esta manera no retrasar los pagos.

## **Formulación del modelo**

### Modelo matemático

Un modelo es aquel que emplea algún tipo lenguaje matemático para describir un sistema, expresando relaciones, variables, parámetros, entidades y relaciones entre variables y/o entidades u operaciones. Se utilizan para estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad. De este modo un modelo matemático es la descripción matemática de una situación real.

Este modelo busca determinar para cada proyecto o periodo la cantidad óptima de operarios necesarios para enfrentar la demanda de actividades a realizar. Los trabajadores de la empresa se encuentran clasificados en cinco tipos ya mencionados (Supervisor, Capataz, Maestro, Ayudante Adelantado y Ayudante). De éstos no requieren ser optimizados:

- Supervisor, debido a que sólo es necesario uno para todas las obras.
- Capataces, ya que es asignado uno por obra.

La cantidad entregada por el modelo será diversificada en los tres tipos de operarios que presentan problema (Maestro, Ayudante Adelantado y Ayudante).

El objetivo es formar una “cantidad base” de trabajadores que puedan desarrollar una demanda de tareas óptimamente, mediante un modelo lineal entero mixto de forma que:

- Todas las actividades estén finalizadas al momento del término de la obra.
- Se respeten las condiciones de demanda laboral de cada actividad.
- Cada tipo de trabajador se encuentre capacitado para desarrollar una cantidad de actividades establecida.

Primero se introducirán los índices.

### Índices

$j =$  índice de actividad  $j$  (0, 1, ..., n).

$r =$  índice de recursos (personal)  $r$  (1, ..., R)

### Parámetros

Los parámetros del modelo son aquellos datos conocidos que se relacionan con las variables, restricciones y la función objetivo para dar solución al problema de asignación modelado. Los parámetros requeridos en el modelo son los siguientes:

$b_r$ : Cantidad de recursos  $r$ ,  $\forall r$

$d_{jr}$ : Cantidad de recursos  $r$  que requiere la actividad  $j$ .

$c_{rj}$ : Costo variable del recurso  $r$  que se requiere en la actividad  $j$ .

$a_{rj}$ :  $\begin{cases} 1 & \text{si el trabajador } r \text{ está capacitado para ejecutar la actividad } j. \\ 0 & \text{En caso contrario.} \end{cases}$

$P_r$ : Cantidad de actividades  $j$  que se realizan por tipo de recurso  $r$ .

### Variables de Decisión

Corresponden a las decisiones que se determinan resolviendo el modelo

$y_r \geq 0$ , Recursos  $r$  utilizados  $\forall r$ .

$x_{rj}$   $\begin{cases} 1 & \text{Si el trabajador } r \text{ puede esta capacitado para ejecutar la actividad } j. \\ 0 & \text{En caso contrario.} \end{cases}$

### Función Objetivo

$$\text{Min} \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^n c_{rj} * x_{rj}$$

### Restricciones

- $x_{rj} \in 0,1$  (1)
- Restricción de capacidad de actividades por operario

$$\sum_{t=1}^n x_{rj} / p_r = y_r; \forall r = 1, \dots, R$$

(2)

- Límites de actividades asignadas por recurso.

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{jr} &\geq 1; \quad \forall r = 1, \dots, R \\ \sum_{j=1}^n x_{jr} &\leq 9; \quad \forall r = 1 \\ \sum_{j=1}^n x_{jr} &\leq 3; \quad \forall r = 2 \\ \sum_{j=1}^n x_{jr} &\leq 8; \quad \forall r = 3 \end{aligned} \quad (3)$$

- Restricción de combinación de recursos en cada actividad

$$\sum_{r=1}^R x_{jr} = d_{jr}; \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (4)$$

### Observaciones del Modelo Matemático

El modelo corresponde a una simplificación y adaptación al modelo MRCPSP (ya antes misionado en el capítulo 2), se ha tomado un periodo fijo de modo de simplificar cálculos ya que se necesita la dotación de recursos totales para programarlos luego en Microsoft Project. Según esto se tomarán las siguientes observaciones:

- La función objetivo nos indica el mínimo costo total de asignación de los recursos en cada actividad.
- La restricción (1) indica los números binarios de la variable  $x_{rj}$ .
- En la restricción (2) se establece que la razón entre la cantidad de actividades asignadas por recurso y la variable de cantidad de actividades realizadas por tipo de trabajador (plena y media marcha) corresponde a la demanda de recursos.
- Las restricciones (3) corresponden a los límites que rigen la cantidad de actividades por recursos; estos deben ser al menos 1 y un máximo, dependiendo del total de actividades que esté capacitado cada tipo de operario. Recordando que  $r=1, 2$  y  $3$  corresponden a maestros, ayudantes adelantados y ayudantes respectivamente.
- Por último la restricción (4) corresponde a que por cada actividad existe una combinación de recursos que deben realizarla, es decir una actividad que requiera más de un recurso para su realización debe tener una combinación de trabajadores de distintas capacidades para su ejecución.

### 3.3 Resolución del modelo

Ya que se decidió resolver el modelo de forma numérica, mediante métodos de optimización, serán utilizados algoritmos, métodos matemáticos y herramientas para su solución. Para el entendimiento de la resolución de este modelo se recomienda observar los anexos que muestran los pasos de este procedimiento, mencionados en cada etapa de éste.

#### Herramienta

Se desarrollará un modelo matemático a través de un software de optimización, Lindo What's best, utilizando Microsoft Excel para la introducción de una planilla con los parámetros y datos para la resolución del problema.

Se crearán en el programa What's best la función objetivo, variables y restricciones seleccionando las celdas de la planilla.

- La función objetivo es el mejor resultado que se puede obtener para la solución del problema planteado, en este caso es optimizar la cantidad de recursos utilizados minimizando los costos, en cada proyecto.

- Las variables son las celdas que se ajustan para que la función objetivo llegue a un resultado, estas variables pueden ser tantas celdas como se definan en el problema.

- Las restricciones son las celdas que indican limitaciones del modelo, pueden ser tantas celdas como se definan y se asocian a límites  $\geq, \leq o =$  (mayores, menores y/o iguales).

#### Variables

Se crearán las variables ya planteadas que son la cantidad de recursos  $r$  utilizados ( $Y_r$ ) y la variable binaria ( $X_{jr}$ ) insertando tantas celdas en la variable como datos de cantidad de recursos utilizados en el periodo y la cantidad de recursos  $r$  que requieren la actividad  $j$  de proyectos de edificios. Luego se debe definir las celdas como variables en Microsoft Excel para insertarlas en el complemento What's Best. Véase anexo 2.

#### Definición de función objetivo

Para definir la función objetivo en What's Best se debe seleccionar una celda en la planilla de Microsoft Excel, luego ingresar en esta celda la fórmula de la función objetivo que en nuestro caso es suma producto del Costo variable del recurso  $r$  que se requiere en la actividad  $j$  por la variable que indica si el trabajador  $r$  puede o no estar capacitado para ejecutar la actividad  $j$  ( $C_{rj} * X_{rj}$ ).

Ya con la función objetivo ingresada en la celda, vamos al complemento What's Best de Microsoft Excel y se selecciona “*best*” y luego “*Minimize*”, la celda seleccionada cambiará su color de fondo a celeste, indicando que la operación se realizó correctamente. Véase anexo 3.

$$\text{Min} \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^n c_{rt} * x_{rt}$$

### **Definición de las restricciones**

Las restricciones se realizan seleccionando la celda de comparación luego yendo al complemento What's Best de Microsoft Excel y seleccionando “*Constraints*”, después se puede ingresar la restricción al comando, ver anexo 4.

Las restricciones de los Límites de actividades asignadas por recursos son:

- Debe existir al menos una actividad realizada por recurso.
- Máximo de actividades por recurso.
- Restricción de combinación de recursos en cada actividad.

### **Solución del Modelo**

Mediante la técnica utilizada se realizó el modelo en dos perspectivas de avance (plena marcha y media marcha), el cual no incluyó los tiempos de tareas ni sus precedencias ya que estos datos se incluirán más adelante en la programación de los trabajadores mediante Microsoft Project.

## **Capítulo IV: Verificación, Validación, Complementación y Análisis de resultados**

---

*En esta sección se realizará la verificación, validación y la programación en Microsoft Project como también el análisis de resultados de la metodología propuesta y el beneficio de realizar su implementación.*

## 4 Verificación, Validación del Modelo y Complementación

La verificación del modelo se realiza con el fin de aseverar que la solución es razonable, es decir, que el modelo refleje resultados que con restricciones y variables correctas representen la realidad. Se puede verificar un modelo chequeando resultados en casos pequeños, especiales, o extremos como también realizando cambios en los parámetros de entrada. Mientras que la validación se realiza si el modelo predice razonablemente el comportamiento del sistema ante diversas alternativas de decisión, pasando las pruebas de consistencia y validez de los supuestos.

¿Cómo sabemos si un modelo es válido?

Un modelo es válido si bajo condiciones semejantes, reproduce el funcionamiento pasado, es decir predice el comportamiento del sistema ante diversas alternativas de decisión, y bajo qué condiciones esto ocurre. Si el modelo no cumple las 2 condiciones anteriores, debe ser corregido revisando sus datos, variables, restricciones y función objetivo; o bien complementar con otra herramienta.

La verificación del modelo se realizó para asegurar que la descripción conceptual y la solución del modelo se aplican correctamente. Los pasos para verificación del modelo fueron los siguientes:

- Verificar si el modelo reflejaba el comportamiento real.
- Verificar si existen errores en ecuaciones modeladas.
- Chequear los resultados realizando algún cambio en sus parámetros.
- Comprobar si las predicciones del modelo son consistentes con los datos utilizados para su construcción.

### 4.1 Verificación y validación del modelo

La forma de probar que el modelo de asignación funciona y que sus restricciones están correctamente formuladas, fue a través de la comparación con casos específicos, es decir, con las cantidades de trabajadores que se utilizaron en obras reales. Se utilizó el plan de asignaciones realizadas en el periodo Marzo-Agosto del año 2012 que consta aproximadamente de 4 obras mensuales de instalación en edificios. Para efectos de cálculos se consideraron las obras de edificios en Plena Marcha en dicho periodo, a continuación la Tabla 16 detalla la composición existente de los recursos de la empresa en dos obras del periodo ya mencionado:

**Tabla 16 Cantidad de trabajadores mensuales para dos obras a plena marcha en edificios.**

<i>Cantidad de trabajadores mensuales para dos obras a plena marcha en edificios</i>					
	Capataz	Maestro	A. Adelantado	Ayudante	Total
<b>Marzo</b>	2	7	3	2	14

<b>Abril</b>	2	8	5	2	17
<b>Mayo</b>	2	11	2	2	17
<b>Junio</b>	2	14	2	0	18
<b>Julio</b>	2	8	2	3	15
<b>Agosto</b>	2	10	2	3	17
<b>PROMEDIO</b>	2	10	3	2	17
<b>SUMA</b>	12	58	16	12	98

Fuente: Elaboración Propia

A Continuación se describen los pasos para la verificación del modelo:

1° Verificar si el modelo refleja el comportamiento real.

Se debe tener en cuenta que al analizar los resultados, éstos deben reflejar el comportamiento real de la empresa, los cuales se muestran en las siguientes Tablas 17 y 18. Ya que el modelo matemático debe haber considerado todas las limitaciones de la información real y si fuese lo contrario sería necesario revisar el modelo.

**Tabla 17 Cantidad real de trabajadores mensual por obra.**

		<i>Resumen Semestral de cantidad de Recursos en Edificios</i>				
		Supervisor	Capataz	Maestro	Ayudante Adelantado	Ayudante
<b>Cantidad de Recursos Mensuales por Obra</b>	Plena macha (Promedio)	0	1	7	3	2
	Media marcha (Comienzo/Término)	0	1	4	1	1

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 18 Recursos reales que pueden realizar alguna actividad.**

Recursos r que satisfacen la actividad j de proyectos de edificios				
	Actividades/Recursos	Maestro	Ayudante Adelantado	Ayudante
<b>Obra Gruesa</b>	Instalación Muro	1	1	0
	Instalación Losa	1	0	1
<b>Terminaciones</b>	Instalación Acometida eléctrica	1	0	1
	Limpieza cajas de Derivación	0	0	1
	Rectificación de Tuberías	0	1	1
	Instalación primera cara	1	0	1

	Alambrado	1	1	0
	Modulación	1	0	0
	Armado Tableros	1	0	1
	Instalación de Tablero General	1	0	1
	Instalación de emergencia en áreas Comunes	1	0	1

Fuente: Elaboración Propia

Además de considerar los datos reales, también se tomarán en cuenta las restricciones de ejecución de cada actividad mostradas en la tabla 19, con el fin de chequear que en el modelo se ejecuten las actividades y sean realizadas por él o los recursos correspondientes.

**Tabla 19 Restricciones de ejecución en base a remuneraciones para cada actividad**

		<i>Remuneración <math>C_{rj}</math> del recursos <math>r</math> en la actividad <math>j</math></i>		
	<i>Actividades</i>	<i>Maestro (<math>r=1</math>)</i>	<i>Ayudante Adelantado (<math>r=2</math>)</i>	<i>Ayudante (<math>r=3</math>)</i>
<i>Obra</i>	Instalación Muro	440.000	360.000	-
	Instalación Losa	440.000	-	270.000
<i>Terminaciones</i>	Instalación Acometida eléctrica	440.000	-	270.000
	Limpieza cajas de Derivación	-	-	270.000
	Rectificación de Tuberías	-	360.000	270.000
	Instalación primera cara	440.000	-	270.000
	Alambrado	440.000	360.000	-
	Modulación	440.000	-	-
	Armado Tableros	440.000	-	270.000
	Instalación de Tablero General	440.000	-	270.000
	Instalación de emergencia y luminarias en áreas Comunes	440.000	-	270.000

Fuente: Elaboración Propia

Para verificar si los resultados del modelo corresponden o son semejantes al comportamiento real de la empresa, en plena marcha, se tomaron en consideración los valores reales entregados por las tablas anteriores, los cuales fueron comparados con los resultados del modelo (cabe señalar que como ya se ha mencionado no se optimizará al supervisor ni al capataz). Referente a la cantidad de trabajadores mensuales por obra se compararon los valores mostrados en la Tabla 20. Mientras que los valores para verificar que cada actividad sea realizada por algún tipo de trabajador se muestra en la Tabla 21.

**Tabla 20 Cantidad de trabajadores mensuales por obra según el modelo**

$Y_r$	Maestro	Ayudante Adelantado	Ayudante
1	7	2	2

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 21 Recursos r entregados por el modelo que pueden realizar alguna actividad.**

$X_{jr}$	1	2	3
1	1	1	0
2	1	0	1
3	1	0	1
4	0	0	1
5	0	0	1
6	1	0	1
7	1	1	0
8	1	0	0
9	1	0	1
10	1	0	1
11	1	0	1

Fuente: Elaboración Propia

Al hacer correr el modelo con los datos de la empresa éste entrega resultados semejantes a su funcionamiento, sabiendo esto se puede aseverar que el modelo refleja su realidad. Por ejemplo, al observar en la tabla de datos reales la actividad “instalación de losa” y en la tabla de resultados del modelo en la misma actividad “2” es posible darse cuenta que en ambas se muestran los mismos resultados, es decir, que ésta es ejecutada maestros y ayudantes. Así también se puede observar que la actividad “Rectificación de Tuberías”, “5” en los resultados del modelo, se produce una pequeña variación; este cambio se refiere a que el trabajador r2 (Ayudante Adelantado) no es asignado a esta actividad, produciendo una pequeña variación en su cantidad. Dato real “3” valor entregado por el modelo “2”.

## 2° Verificar si existen errores en ecuaciones modeladas.

Para realizar dicha verificación se debe comparar que el modelo genere resultados factibles según cada restricción, es decir que se cumplan en su totalidad. Variable que se muestra en la Tabla 21, anteriormente presentada.

- Restricción 1, de que  $X_{rj}$  corresponda a una variable binaria.

$$x_{rj} \in 0,1 \quad (1)$$

- Restricción 2, de capacidad de actividades por operario.

$$\sum_{t=1}^n x_{rj} / p_r = y_r; \quad \forall r = 1, \dots, R$$

(2)

**Figura 12 Resolución de la restricción 2**

7	2	2
=	=	=
7	2	2

Fuente: Elaboración Propia

- Restricción 3, de Límites de actividades asignadas por recurso.

$$\sum_{j=1}^n x_{jr} \geq 1; \forall r = 1, \dots, R$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jr} \leq 9; \forall r = 1$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jr} \leq 3; \forall r = 2$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jr} \leq 8; \forall r = 3$$

(3)

**Figura 13 Resolución de la restricción 3**

	9	2	8
>=		>=	>=
	1	1	1
	9	2	8
=<=		<=	=<=
	9	3	8

**Fuente: Elaboración Propia.**

- Restricción 4, de combinación de recursos en cada actividad

$$\sum_{r=1}^R x_{jr} = d_{jr}; \forall j = 1, \dots, n$$

(4)

**Figura 14 Resolución de la Restricción 4**

	2	=	2
	2	=	2
	2	=	2
	1	=	1
	1	=	1
	2	=	2
	2	=	2
	1	=	1
	2	=	2
	2	=	2
	2	=	2

**Fuente: Elaboración Propia.**

Como se puede observar en cada uno de los resultados obtenidos, todas las ecuaciones tienen solución, se puede aseverar esto ya que en caso contrario el programa arrojaría “NOT >=”, “NOT =” ó “NOT <=” o simplemente no se mostrarían soluciones.

Por otra parte las ecuaciones satisfacen la situación real, por lo que muestran soluciones factibles.

### 3° Chequear los resultados realizando algún cambio en sus parámetros.

Se minimizará la utilización de los maestros en las actividades. Se decidió realizar dicho cambio debido a que existen varios competidores de la empresa cuyas actividades son mayormente realizadas por Ayudantes ya que le reporta menos costos que a la empresa Puerto Alegre, que en su mayoría utiliza “Maestros” (tipo de trabajador que tiene mayor remuneración que la de los ayudantes).

Para esto al parámetro  $d_{jr}$  (Cantidad de combinación de recursos  $r$  que requiere la actividad  $j$ ) se le harán algunos cambios, ya que existen actividades en donde puede ser reemplazable la labor de un maestro, información facilitada por de la empresa. Esta información se ve detallada en la Tabla 22 en donde se muestra la utilización del personal por actividad para edificio, que se refiere a lo que la empresa ocupa en la ejecución de sus actividades y el requerimiento de personal por actividad que corresponde a lo que podrían ocupar en la ejecución de dichas actividades al reemplazar la labor del maestro.

**Tabla 22 Cantidad de combinación de recursos para lo real y lo optimizado.**

Cantidad de Recurso r por Actividad j de proyectos de Edificios		
Actividades/Recursos	Utilización de personal por actividad para edificios	Requerimiento de personal por actividad para edificios
<b>Instalación Muro</b>	2	1
<b>Instalación Losa</b>	2	2
<b>Acometida Vertical</b>	2	2
<b>Limpieza cajas de Derivación</b>	1	1
<b>Rectificación de Tuberías</b>	2	2
<b>Instalación primera cara</b>	2	2
<b>Alambrado</b>	2	1
<b>Modulación</b>	1	1
<b>Armado Tableros</b>	2	2
<b>Instalación de Tablero General</b>	2	2
<b>Instalación de emergencia en áreas Comunes</b>	2	1

Fuente: Elaboración Propia

Una vez cambiado el parámetro  $d_{jr}$ , el modelo asignará menos maestros ( $r=1$ ) y más ayudantes adelantados ( $r=2$ ) como se muestra en la Figura 15.

**Figura 15 Resultado Optimizado mediante What's Best.**

$Y_r$	1	2	3
1	6	3	2

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar que la utilización del personal se ve influenciados con los cambios realizados ya que anteriormente estos valores correspondían a  $r_1=7$ ,  $r_2=2$  y  $r_3=2$ ; y luego de este cambio dio como resultados  $r_1=6$  y  $r_2=3$ .

Estas cantidades quedarán distribuidas por la variable  $X_{jr}$  como se muestra en la Figura 16.

**Figura 16 Resultado optimizado de asignación de tipo de MO por actividad obtenido mediante What's Best**

$X_{jr}$	1	2	3
1	0	1	0
2	1	0	1
3	1	0	1
4	0	0	1
5	0	1	1
6	1	0	1
7	1	1	0
8	1	0	0
9	1	0	1
10	1	0	1
11	0	0	1

Fuente: Elaboración Propia

4° Comprobar si las predicciones del modelo son consistentes con los datos utilizados para su construcción.

Se puede concluir que el modelo propuesto es válido ya que al compararlo con los datos reales se verifica que sus resultados son lógicos, correctos y que todas las actividades son realizadas por al menos un tipo de trabajador.

Para llevar a cabo la validación del modelo fue necesario realizar aproximaciones a la realidad, demostrado en el proceso de verificación anterior, por lo que el modelo validó que:

- Se trabaja por obra.
- Ejecuta sólo 11 actividades, aquellas realizadas por Maestros y ambos tipos de ayudantes.
- Cada actividad tiene una combinación de trabajadores disponibles para su desarrollo.
- Cada tipo de trabajador posee una lista de actividades que no puede ejecutar.

Por lo que se valida que el modelo entrega la mejor combinación de trabajadores por actividad y su cantidad.

## 4.2 Complemento del modelo

Se utilizará un complemento para la ejecución del proyecto mediante una herramienta de administración apropiada, ya que el resultado que entrega el modelo es:

- Cantidad del tipo de trabajador y
- Asignación de éstos a cada actividad.

Se deberán complementar dichos resultados realizando su programación mediante el software Microsoft Project, tomando en consideración el parámetro “tiempo”, no incluido en el modelo con el fin de:

- Visualizar el comportamiento de los tipos de trabajadores en la obra, de acuerdo al tiempo de ejecución de las tareas.
- Asignar cada tipo de trabajador a las tareas correspondientes entregadas como resultados en la optimización.

Para realizar dicho complemento se averiguó el método de planificación de proyectos que utilizan algunas empresas constructoras, que puede ser observado en el Anexo 5, por lo que basaremos la planificación de los trabajadores para la empresa Puerto Alegre en el formato ya mencionado.

Pasos para la realización de la planificación en Microsoft Project:

- Lo primero que se hizo fue enlistar las tareas que son realizadas por los trabajadores en orden de ejecución según avance. Ver Anexo 6.
- Luego procedió a agregar las tareas realizadas por pisos, por ejemplo en la obra gruesa se realizan las instalaciones en losa y muro desde el subterráneo hacia los pisos ascendentes. Esto se muestra en el Anexo 6.
- Realizado el paso anterior, tarea por tarea y piso por piso, se registró la duración aproximada de cada tarea, por piso, como se muestra en el Anexo 7.
- Luego de esto se realizó la programación de las tareas predecesoras y sucesoras de cada actividad, en donde se debe mencionar que cada paso a otra actividad tiene un tiempo aproximado en nuestra planificación y depende de la disponibilidad de los trabajadores, por ejemplo, cuando se realiza la tarea de instalación primera cara se debe esperar aproximadamente dos días para pasar a la siguiente tarea, en este caso al alambrado. Para esto se incluyen los tiempos como se muestra en Anexo 8.
- Después de terminar todos los pasos anteriores, los cuales fueron realizados en la hoja de tareas, se da paso a la hoja de recursos, en donde se ingresan los tipos de trabajadores que ejecutan las tareas en las obras, en este caso no sólo serán los tipos que se utilizaron en el

modelo (Maestro, Ayudante Adelantado y Ayudante), sino que también se incorpora el Capataz y el Supervisor. Demostrado en Anexo 9.

- Luego de realizar el registro de los tipos de trabajadores, se programaron los horarios de trabajo, estos serán de 8 a 18 horas, 8 horas por día, 40 horas a la semana y 20 días por mes. La imagen de esto se muestra en Anexo 10.

- También se establece la cantidad disponible de cada tipo de trabajador. El cual es mostrado en unidades de porcentaje, es decir, 1 trabajador equivale a 100%, 2 trabajadores a 200% y así sucesivamente.

- Maestro 7 trabajadores = 700%
- Ayudante Adelantado 2 trabajadores = 200%
- Ayudante 2 trabajadores = 200%

**Figura 17 Cantidad de cada tipo de trabajador disponible**

	Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta de material	Iniciales	Capacidad máxima
1	Supervisor	Trabajo		S	100%
2	Capataz	Trabajo		C	100%
3	Maestro	Trabajo		M	700%
4	Ayudante adelantado	Trabajo		AA	200%
5	Ayudante	Trabajo		A	200%

**Fuente: Elaboración Propia**

En nuestro caso la cantidad de trabajadores ingresados a la programación fueron los resultados entregados por el modelo, tal como muestra en la Figura 17.

- También se pueden establecer los costos de los trabajadores, en la tasa estándar, en este caso se definió como precio por día de trabajo, véase Anexo 11.

- Al tener todos los pasos anteriores finalizados se comienza a programar el personal de acuerdo a la cantidad de días que se utilizan para ejecutar las actividades, a la cantidad de trabajadores disponibles y de acuerdo a la asignación que entregó con antelación el modelado de la optimización que se muestran en el Anexo 12 en la programación de los trabajadores. Luego la planificación de las actividades para la empresa Puerto Alegre S.A se muestra en el Anexo 13.

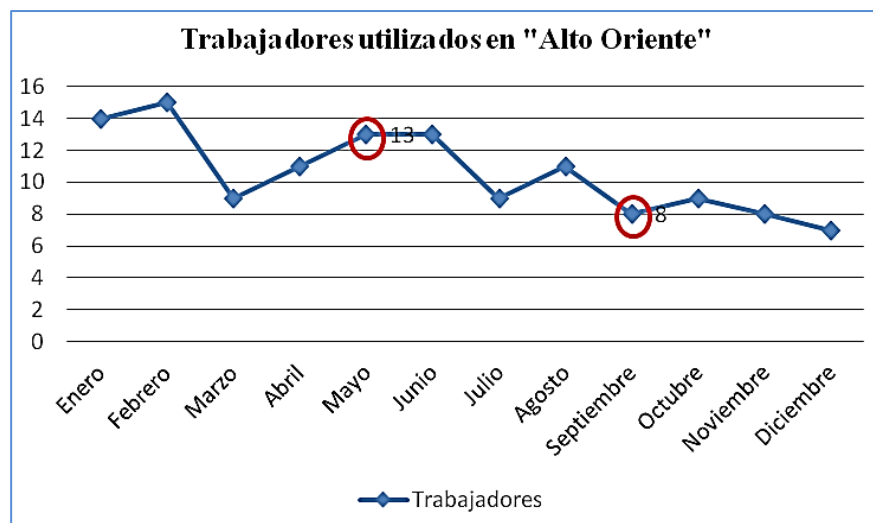
### 4.3 Análisis de Resultados

Ya verificado el modelo y complementado con Microsoft Project, se puede realizar el análisis de sus resultados. Cabe destacar que la empresa Puerto Alegre no cuenta con ningún tipo de planificación, ya que su forma de “planificar” es basada en la experiencia de su dueño, por lo que el problema estudiado sólo puede ser comparado con los datos recopilados en el procesamiento de información, debido a que no cuenta con ningún tipo de registro digital con respecto al uso de los trabajadores.

Para esto plantearemos una base de comparación de una situación real de la empresa, con la situación generada por el modelo y con la situación generada por el modelo al minimizar la cantidad de maestros a utilizar, en los escenarios antes mencionados (Plena y Media Marcha). El objetivo de esta comparación es poder determinar si la metodología de asignación que se propone en este trabajo de título permite lograr mejoras a la empresa y dichas comparaciones nos permitirán ver claramente si se producen mejoras, dónde y a cuánto ascienden éstas.

Los datos seleccionados para reflejar la situación real de la empresa son aquellos que corresponden a la de los trabajadores mensuales utilizados en la obra “Alto Oriente” de la empresa RVC. La decisión de utilizar como base de comparación el proyecto recién mencionado es debido a que éste es el único que se encuentra en plena marcha dentro del periodo estudiado y nos entrega como referencia la cantidad de trabajadores utilizados en los dos tipos de escenarios. Para realizar la comparación seleccionaremos los meses de acuerdo a la cantidad de trabajadores en los escenarios de plena y media marcha, como se muestra en el Gráfico 6 del periodo 2012, en el cual también está incluida la utilización del capataz de la obra.

Gráfico 6 Trabajadores Alto Oriente 2012.



Fuente: Elaboración Propia

No fueron considerados para el análisis comparativo los meses de Febrero y Diciembre, ya que se encuentran lejos del promedio, lo que puede deberse a algún acontecimiento externo a la empresa; de acuerdo a esto se decide tomar como base de media marcha el mes de Septiembre y como base de plena marcha el mes de Mayo. Recordando que la cantidad seleccionada del gráfico (cantidad de trabajadores) corresponde a todos los tipos de trabajadores en obra, es decir, Capataz-Maestro-Ayudante Adelantado-Ayudante, excluyendo al supervisor, ya que como se mencionó con anterioridad se necesita uno mensual.

### Comparación en Media Marcha

**Tabla 23 Comparación en Media Marcha**

Situación v/s Tipo de trabajador	Comparación de la utilización de personal mensual por tipo de trabajador en Media Marcha		
	Maestro	Ayudante Adelantado	Ayudante
Situación Real	4	2	1
Situación Modelada	4	1	1
Situación Optimizada	4	1	1

**Fuente: Elaboración Propia**

Como se puede observar en la Tabla 23, los cambios que se producen entre la situación real versus la situación modelada no representan una variación significativa al total de los trabajadores, al igual que si comparamos la situación real versus la situación optimizada que mantiene la misma proporción de trabajadores. Con esto se puede concluir que la cantidad de trabajadores necesaria para realizar las tareas en media marcha no puede seguir siendo minimizada debido a que existen tareas que requieren obligatoriamente su ejecución por maestros.

### Comparación en Plena Marcha

**Tabla 24 Comparación en Plena Marcha**

Situación v/s Tipo de trabajador	Comparación de la utilización de personal mensual por tipo de trabajador en Plena Marcha		
	Maestro	Ayudante Adelantado	Ayudante
Situación Real	8	2	2
Situación Modelada	7	2	2
Situación Optimizada	6	3	2

**Fuente: Elaboración Propia**

Tal como en el caso anterior, la situación real versus la situación modelada, en la Tabla 24 se observa que los cambios en la cantidad de trabajadores siguen siendo de poca relevancia al total de éstos, a diferencia de la situación real versus la situación optimizada en donde se ve una disminución en la cantidad de los maestros y un aumento en la cantidad de los ayudantes adelantados. Se puede concluir que el modelo para ciertas actividades donde no es de carácter imprescindible el requerimiento de un maestro, es capaz de reemplazarlo por alguno de los otros tipos de trabajadores, generando de esta forma una disminución en los costos.

### Comparación de Asignación de tareas

**Tabla 25 Comparación de asignación de actividades**

Comparación de la asignación de actividades por obra						
Actividades/Recursos	Situación Real			Situación Optimizada		
	Maestro	Ayudante Adelantado	Ayudante	Maestro	Ayudante Adelantado	Ayudante
Instalación Muro	1	1	0	0	1	0
Instalación Losa	1	0	1	1	0	1
Instalación Acometida eléctrica	1	0	1	1	0	1
Limpieza cajas de Derivación	0	0	1	0	0	1
Rectificación de Tuberías	0	1	1	0	1	1
Instalación primera cara	1	0	1	1	0	1
Alambrado	1	1	0	1	1	0
Modulación	1	0	0	1	0	0
Armado Tableros	1	0	1	1	0	1
Instalación de Tablero General	1	0	1	1	0	1
Instalación de emergencia y luminarias en áreas Comunes	1	0	1	0	0	1

**Fuente: Elaboración Propia**

En la tabla 25, las asignaciones de tareas reflejan cambios entre lo real y lo optimizado ya que el modelo busca minimizar el costo por remuneración y esto produce que en algunas tareas, por ejemplo en la instalación de muros, no sean necesarios dos tipos de trabajadores para su ejecución reemplazando en el caso optimizado al maestro por un ayudante adelantado. Cabe destacar que la tabla de asignación corresponde a una variable binaria por lo tanto la existencia de un “1” en la celda implica que ese tipo de trabajador puede ser asignado para dicha actividad, lo que no implica que es esa la cantidad de trabajador para realizar la tarea.

Se realizó una comparación entre los costos de mano de obra actual versus la propuesta de los costos totales de un proyecto, a continuación se muestra un resumen de esta comparación en la Tabla 26.

**Tabla 26 Comparación de costos en un proyecto**

Comparación de los costos de mano de obra en un proyecto de 10 meses		
Proyecto v/s Costos	Costo Mensual	Costo Total
Proyecto Real	\$ 3.770.413	\$ 37.704.127
Proyecto Optimizado	\$ 2.230.338	\$ 22.303.375
Costo Optimizado / Costo Real	0,5915367036611140	
Disminucion del costo real	\$	1.540.075
Disminucion del costo real / Costo Real	0,4084632963388860	

**Fuente: Elaboración Propia**

Para realizar esta comparación debemos dejar en claro lo siguiente:

- Los valores utilizados para el cálculo del proyecto real fueron aquellos proporcionados en el procesamiento de información al principio de nuestro estudio, por lo tanto, son datos entregados por la empresa y corresponden a los datos de 10 meses de la duración del proyecto Alto Oriente.

- Los valores utilizados para el cálculo del proyecto optimizado fueron aquellos que arrojó como resultado el modelo al minimizar los maestros y que en la programación del personal en el software Microsoft Project no produjo complicaciones al realizar su nueva asignación. Cabe destacar que dicha programación se realizó considerando la planificación de un “Proyecto Ideal”, es decir, sin cambios en los requerimientos de la empresa contratante.

Como se puede observar los cambios que se producen en los costos pueden llegar a ser de mucha importancia en la economía de la empresa, ya que se puede lograr un ahorro sustantivo en sus costos al realizar la minimización de maestros mediante su reemplazo por algún tipo de ayudante.

Debemos mencionar que los costos reales contienen la información de todo tipo de mes, es decir, de meses que se encuentran a plena y a media marcha, como también la información de meses en que la cantidad de trabajadores es mayor a los promedios utilizados para realizar el modelo de asignación, por lo tanto, en un escenario en el cual el proyecto Alto Oriente funcionaría de manera “ideal”, sin cambios en la cantidad de trabajadores y serían mucho más cercanos los resultados obtenidos en la programación de las cantidades del modelo de optimización.

Así como también se puede declarar que se cumple el objetivo de minimizar costos de mano de obra notando claramente la disminución del 41% de éstos.

#### **4.4 Propuesta de medidas de Implementación del Modelo en la Empresa**

Para implementar el resultado del modelo obtenido y servir de apoyo a la toma de decisiones de la empresa, se deberían tomar medidas como la adecuación del modelo a formato Microsoft Excel de modo que se pueda utilizar en “modo usuario” por el personal de la empresa, con el fin de que lo puedan comprender y utilizar, estableciendo procesos que permitan resolver el modelo, el cual entregaría una cantidad idónea de trabajadores con los que la empresa podría trabajar por obra, para la entrega de su servicio piso a piso en las instalaciones de un edificio.

Con la cantidad de trabajadores que el modelo entregó como resultado y la programación realizada en Microsoft Project, se podría provocar una disminución de alrededor del 40% de los costos en mano de obra, tomando en consideración que todo el procedimiento anteriormente realizado se basa en una construcción de avance ideal, es decir, sin atrasos ni cambios en los requerimientos.

Al personal encargado de asignar trabajadores a cada obra se le debería capacitar para utilizar la planificación realizada en Microsoft Project, ya sea asignando operarios (entregado por el modelo matemático) dependiendo de los pisos, días y horas de trabajo; con el fin de que la planificación entregue el proceso de avance del proyecto y los apoye a lo largo de éste. De esta forma la empresa podría enfrentar los problemas encontrados en forma de acciones.

## **Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones**

---

*En este capítulo veremos las recomendaciones y conclusiones de este estudio*

## Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo de título reflejan que los objetivos propuestos al inicio de esta investigación, se cumplieron, esto se demuestra en los cuadros comparativos descritos en el capítulo anterior.

- Se logró formular un modelo de asignación para optimizar la dotación de trabajadores de proyectos en edificios, lo que generaría una minimización de costos de un 41 % y también disminuiría la incertidumbre de la cantidad de contrataciones, ya que este entrega una cantidad de recursos que serían planificados posteriormente por Microsoft Project, resolviendo el problema planteado.

- El modelo proporciona una herramienta sencilla y práctica que logra resultados muy atractivos respecto de una situación base o inicial, además es de fácil aplicación y adaptabilidad y podría ser implementada a futuro en la empresa. Cabe mencionar también que la empresa tiene como objetivo mejorar a corto plazo su funcionamiento administrativo, en la cual esta herramienta sería de mucha utilidad, ya que como se mencionó anteriormente no posee ningún tipo de registro digital de su información.

- Lo desarrollado muestra ser de un gran aporte para la asignación de los trabajadores en la empresa Puerto Alegre, tanto en el corto como largo plazo.

- La complementación con Microsoft Project permite incluir los tiempos en la jornada laboral y niveles de porcentajes de utilización de recursos, lo que permite realizar la programación de lo entregado en el modelo y agrega valor al trabajo realizado, lo que le podría permitir a la empresa hacer un acabado análisis de las programaciones diarias, semanales o por obra.

- La aplicación de la herramienta Microsoft Project a los resultados del modelo muestra que las tareas que se deben llevar a cabo en los proyectos de construcción de nuevos edificios, pueden ser realizadas por la cantidad de maestros que éste entrego como resultado.

- Una vez obtenida la dotación de trabajadores, la mejor asignación que se puede encontrar es la que minimiza los costos mediante el cambio de maestros a ayudantes, ya que corresponden a trabajadores con menor remuneración.

- Una buena asignación y programación de trabajadores conlleva a no tener retrasos en pagos, o tiempo ocioso, por lo que la empresa puede utilizar esta ventaja frente a la fuerte competencia en el rubro.

- Si se realizaran las actividades basadas en la metodología propuesta en conjunto con la programación, la empresa haría más eficiente el uso de sus trabajadores.

- La metodología desarrollada no sólo es útil para planificar las asignaciones y programación de los recursos de personal, sino que también para tomar decisiones estratégicas sobre cómo sincronizar obras simultáneas.

- Por último, se debe destacar que estas herramientas entregadas no son más que un soporte que ayuda a facilitar y mejorar la planificación operacional. Sin embargo la experiencia y el conocimiento de los encargados de asignar a los trabajadores siguen siendo importantes ya que cuentan con la experiencia de qué tipo de trabajadores son necesarios para la realización de cada tipo de tarea, las respuestas entregadas deben ser analizadas y modificadas en caso de ser necesario. Adicionalmente, es fundamental que el ingreso de datos sea lo más preciso y actualizado posible, puesto que de eso depende que los resultados obtenidos sean veraces y que la toma de decisiones, por ende, se haga en forma acertada.

## **Recomendaciones**

Crear una base de datos donde los trabajadores estén clasificados por tipo de trabajador y obra, tal como lo realizamos para la recopilación de datos en el procesamiento de información.

Deberían establecer rangos de sueldos fijos para los tipos de trabajadores, ya que hasta el momento no se encuentran bien definidos y puede ser una de las causantes de que sus costos en mano de obra sean tan variables.

Sería importante mejorar no es sólo la forma de asignar los trabajadores en las obras de edificios, sino que el problema de planificación en general para la empresa. Por lo que se recomienda el desarrollo de herramientas que resuelvan cada una de sus problemáticas.

Ya que la empresa no cuenta con ningún sistema de información, sería de gran utilidad realizar y diseñar una herramienta dinámica que integre en un sistema el funcionamiento general de la empresa, es decir, no sólo para el registro y programación del personal sino que también agregar la utilización de sus materiales, y los pagos que se reciban por obra para poder estudiar el comportamiento de cada uno de sus proyectos.

En cuanto a las horas extras trabajadas, tema que no se consideró para la realización del modelo y tampoco para la planificación, sería interesante estudiar cómo cambiarían los resultados y cómo afectaría a la asignación y programación la existencia de incentivos por logro de avance y horas extra.

## **Capítulo VI: Bibliografía**

---

## Bibliografía

- [Atchinson2010] Atchinson Sonia; Kennermer Brian. **Using Microsoft Project 2010**. Pearson Education, Inc April 2011.
- [Castillo2002] Catillo E. et al. **Formulación y Resolución de Modelos de Programación Matemática en Ingeniería y Ciencia**. Feb 2002.
- [Cavada2013] Cavada J. **Modelos De Simulación Y Asignación De Personal Para Manejo De Equipajes En Un Aeropuerto Internacional**. Memoria de Ingeniería Civil Industrial, Univesidad de Chile. May 2013.
- [Guía del PMBOK 2004]. **Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos**, Cuarta edición.
- [Heizer2004] Heizer J. **Principios de administración de operaciones**, Quinta Edición. Pearson Educación Disponible en sitio web:  
<http://books.google.cl/books?id=jVIwSsVHUFAC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- [IPMA2009]. **International Project Management Association**. IPMA. Disponible vía web en <http://www.ipma.ch>
- [Levine 2002] Levine A. **Practical Project Management - Tips, Tactics and Tools**. Published by John Wiley & Sons, Inc., New York, 2002.
- **Manual: What's Best User's Manual Version 12.0**. 2013, LINDO Systems, Inc. Disponible vía web en: [www.lindo.com](http://www.lindo.com).
- [Minoux,86] Minoux M. **Mathematical Programming**, John Wiley and Sons, New York, 1986.
- [Muñoz2010] Muñoz F. **Planificación, Asignación De Recursos Y Control De Proyectos De La División Gerencia Del Fondo De Desarrollo De Las Telecomunicaciones**. Memoria de Ingeniería Civil Industrial, Univesidad de Chile. May 2010.
- [Murty95] Murty K. **Deterministic Optimization Models**, Prentice Hall, 1995.
- [Prawda2004] Prawda J. **Métodos y modelos de investigación de operaciones**, Vol1, Editorial Limusa 2004.
- [Salvendy2001]. Salvendy G. **Handbook of Industrial Engineering – technology and operations management**. Institute of Industrial Engineers.
- [Takaoka2010] Takaoka T. **Metodología para la asignación de espacio óptimo en góndolas**. Memoria de Ingeniería Civil Industrial, Univesidad de Chile. Jul 2010.
- **Texto digital sobre Investigación de operaciones, modelos matemáticos y programas informáticos para su solución**. Disponible en:  
<http://www.investigacion-operaciones.com/material%20didactico/MANUAL%20INV%20OPER.pdf>
- [Tortello2006] Tortello M. **Los Riesgos Laborales De La Subcontratación**. Departamento de Estudios Dirección del Trabajo Stgo, Abril de 2006
- [Williams99]Williams H. **Model Building in Mathematical Programming**, 4th Edition, John Wiley & Sons, 1999.

## Anexos

### Anexo 1: Extracto de Base de Datos creada

#### Extracto de datos de Mano de Obra mensual por Obra (2012)

Marzo					Abril				
"Villa san Luis"LM construcciones					"Villa san Luis "LM construcciones				
Trabajadores	RUT	Total haberes	Dias ausencia	dias trabajados	Trabajadores	RUT	Total haberes	Dias ausencia	contrato a
1	12145475-0	\$ 12.016	18	19	1	14068686-7	\$ 422.042		30
2	14068686-7	\$ 422.042	0		2	14298818-6	\$ 532.042		30
3	14298818-6	\$ 532.043	0		3	16061400-5	\$ 408.442	1	30
4	15207634-8	\$ 84.582	0		4	16062990-8	\$ 422.042		30
5	16061400-5	\$ 408.442	1		5	16675538-7	\$ 300.150	1	30
6	16062990-8	\$ 422.042	0		6	16984131-4	\$ 336.466	2	30
7	16675538-7	\$ 310.500	0		7	18345485-4	\$ 207.000	10	30
8	16984131-4	\$ 350.084	1		8	18548681-8	\$ 310.500		30
9	18345485-4	\$ 175.950		17					
10	18548681-8	\$ 310.500	0						
Alto Oriente RVC					Alto Oriente RVC				
Trabajadores	RUT	Total haberes	Dias ausencia	dias trabajados	Trabajadores	RUT	Total haberes	Dias ausencia	contrato a
1	8140768-1	\$ 408.442	1		1	8140768-1	\$ 408.442	1	30
2	9522485-7	\$ 420.042	0		2	8376442-2	\$ 532.042		30
3	13384477-5	\$ 275.500	0		3	9891880-9	\$ 186.668		14
4	14627229-0	\$ 310.500	0		4	9522485-7	\$ 420.042	0	
5	16233869-2	\$ 362.500	0		5	13384477-5	\$ 266.316	1	30
6	16753243-8	\$ 233.334	2	30	6	14627229-0	\$ 310.500		30
7	17479495-2	\$ 310.500	0		7	16233869-2	\$ 350.418	1	30
8	17791923-3	\$ 348.484	1	30	8	16753243-8	\$ 191.666	7	30
9	23538690-9	\$ 408.442	1		9	17141950-6	\$ 371.466	2	30
					10	17479495-2	\$ 310.500		30
					11	23538690-9	\$ 420.642		30
Cielo abierto					Cielo abierto				
Trabajadores	RUT	Total haberes	Dias ausencia	dias trabajados	Trabajadores	RUT	Total haberes	Dias ausencia	contrato a
1	12229707-1	\$ 472.042	0		1	12229707-1	\$ 472.042		30
Carmen 223					Carmen 223				
Trabajadores	RUT	Total haberes	Dias ausencia	dias trabajados	Trabajadores	RUT	Total haberes	Dias ausencia	dias trabajados
1	8376442-2	\$ 532.042		30	1	13430182-1	\$ 348.334	8	30
2	13430182-1	\$ 458.708	1		2	13432186-5	\$ 420.042		30
3	13432186-5	\$ 408.442			3	13654065-3	\$ 420.042		30
4	13654065-3	\$ 420.042			4	14182080-k	\$ 29.000		2
5	14240668-3	\$ 60.084		5	5	14240668-3	\$ 532.042		30
					6	16738948-1	\$ 29.000		2
Vista del valle					Vista del Valle				
Trabajadores	RUT	Total haberes	Dias ausencia	dias trabajados	Trabajadores	RUT	Total haberes	Dias ausencia	contrato a
1	9307685-0	\$ 60.084		5	1	9307685-0	\$ 348.484	1	30
2	12229707-1	\$ 472.042		30	2	16103869-5	\$ 336.466	2	30
3	16103869-5	\$ 228.317	10	29	3	16887343-3	\$ 156.216		13
4	16887343-3	\$ 132.184		11					

## Extracto de Datos de pagos de proyectos

Enero					
Fecha pago	Número de pago	Cuidad obra	Pago	Empresa	Monto
05-01-2012	4	Valparaíso	Al día	"Alto oriente" RVC	\$ 5.074.165
10-01-2012	1	Los Angeles	Al día	"Villa san Luis" LM construcciones	\$ 17.668.659
30-01-2012	6	Los Angeles	Al día	"Villa san Luis" LM construcciones	\$ 2.441.608
30-01-2012	3	Los Angeles	Al día	"Villa san Luis" LM construcciones	\$ 2.307.999
30-01-2012	8	Los Angeles	Al día	"Villa san Luis" LM construcciones	\$ 1.795.440
04-01-2012	1	Valparaíso	Al día	Transporte ccu ltda	\$ 1.273.815
				Total	\$ 30.561.686
Febrero					
Fecha pago	Número de pago	Cuidad obra	Pago	Empresa	Monto
02-02-2012	5	Valparaíso	Al día	"Alto oriente" RVC	\$ 5.388.178
15-02-2012	6	Valparaíso	Al día	"Alto oriente" RVC	\$ 4.547.954
28-02-2012	7	Los Angeles	Al día	"Villa san Luis" LM construcciones II	\$ 2.372.112
28-02-2012	4	Los Angeles	Al día	"Villa san Luis" LM construcciones III	\$ 2.193.826
14-02-2012	2	Valparaíso	Al día	Transporte ccu ltda	\$ 874.650
				Total	\$ 15.376.720
Marzo					
Fecha pago	Número de pago	Cuidad obra	Pago	Empresa	Monto
15-03-2012	1	Santiago	Al día	"Carmen Rhot" RVC	\$ 717.859
26-03-2012	1	Viña del Mar	Al día	Escuela moderna de musica	\$ 109.480
15-03-2012	9	Los Angeles	Al día	"Villa san Luis" LM construcciones	\$ 837.216
28-03-2012	2	Los Angeles	Al día	"Villa san Luis" LM construcciones	\$ 5.311.444
28-03-2012	8	Los Angeles	Al día	"Villa san Luis" LM construcciones II	\$ 1.777.843
				Total	\$ 8.753.842
Abril					
Fecha pago	Número de pago	Cuidad obra	Pago	Empresa	Monto
30-04-2012		Valparaíso	Al día	"Urbanización Viña plaza" icafal	\$ 2.380.000
02-04-2012	7	Valparaíso	Al día	"Alto oriente" RVC	\$ 5.390.178
15-04-2012	8	Valparaíso	Al día	"Alto oriente" RVC	\$ 4.600.954
10-04-2012	4	Los Angeles	Al día	"Villa san Luis" LM construcciones	\$ 7.668.659
30-04-2012	5	Los Angeles	Al día	"Villa san Luis" LM construcciones	\$ 2.441.608
28-04-2012	9	Los Angeles	Al día	"Villa san Luis" LM construcciones II	\$ 3.272.112
28-04-2012	5	Los Angeles	Al día	"Villa san Luis" LM construcciones III	\$ 2.913.826
15-04-2012	2	Santiago	Al día	"Carmen Rooth" RVC	\$ 6.154.353
11-05-2012	1	Valparaíso	Al día	"Vista del Valle" RVC	\$ 6.276.834
				Total	\$ 41.098.524
Mayo					
Fecha pago	Número de pago	Cuidad obra	Pago	Empresa	Monto
11-05-2012	2	Valparaíso	Al día	"Vista del Valle" RVC	\$ 6.578.839
11-05-2012	9	Valparaíso	Al día	"Alto oriente" RVC	\$ 5.110.123
11-05-2012	3	Santiago	Al día	"Carmen Rooth" RVC	\$ 6.284.376
16-05-2012		Santiago (San Bernardo)	Al día	EIRL (reinstalacion de empalme, reen	\$ 745.000
17-05-2012	1	Viña del Mar	Al día	os templarios" Constructora Besalco Lt	\$ 7.163.509
18-05-2012		Placilla	Al día	Transporte ccu ltda	\$ 1.051.960
				Total	\$ 26.933.807
Junio					
Fecha pago	Número de pago	Cuidad obra	Pago	Empresa	Monto
21-06-2012	2	Valparaíso	Al día	"Boulevard" RVC	\$ 12.097.252
21-06-2012	4	Santiago	Al día	"Carmen Rooth" RVC	\$ 7.928.750
08-06-2012	3	Valparaíso	Al día	"vista del valle" RVC	\$ 6.872.895
08-06-2012	10	Valparaíso	Al día	"Alto oriente" RVC	\$ 8.503.896
26-06-2012	10	Los Angeles	Al día	"Villa san Luis II" LM construcciones	\$ 1.838.864
26-06-2012	6	Los Angeles	Al día	"Villa san Luis III" LM construcciones	\$ 2.101.152
21-06-2012	2	Viña del Mar	Al día	os templarios Constructora Besalco Ltd	\$ 6.683.670
05-06-2012		Viña del Mar	Al día	Inmobiliaria e inversiones Zuleta	\$ 1.346.154
14-06-2012		Valparaíso	Al día	Taller arteanal de joyas	\$ 112.000
				Total	\$ 47.484.633

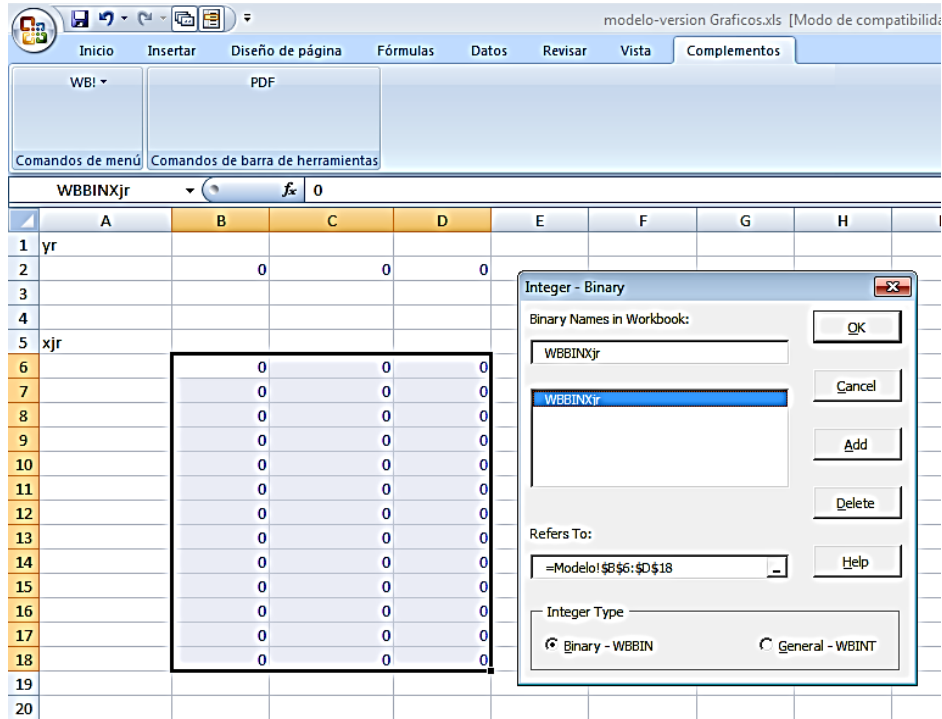
## Extracto de compra de materiales

Enero					
Fecha compra	Fecha recibidos	Cuidad obra	Pago	Proveedores	Monto
24-01-2012	24-01-2012	Valparaíso	Al día	Marengo Valenzuela y Cia LTDA	\$ 38.820
03-01-2012	03-01-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 24.779
06-01-2012	06-01-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 21.748
11-01-2012	11-01-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 7.590
16-01-2012	16-01-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 168.301
17-01-2012	17-01-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 9.576
24-01-2012	24-01-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 35.676
25-01-2012	25-01-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 8.780
25-01-2012	25-01-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 9.170
27-01-2012	27-01-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 24.527
02-01-2012	02-01-2012	Valparaíso	Al día	RHONA S.A	\$ 894.488
02-01-2012	02-01-2012	Valparaíso	Al día	RHONA S.A	\$ 21.081
03-01-2012	03-01-2012	Valparaíso	Al día	RHONA S.A	\$ 28.647
06-01-2012	06-01-2012	Valparaíso	Al día	RHONA S.A	\$ 307.635
10-01-2012	10-01-2012	Valparaíso	Al día	RHONA S.A	\$ 110.737
10-01-2012	10-01-2012	Valparaíso	Al día	RHONA S.A	\$ 24.995
17-01-2012	17-01-2012	Valparaíso	Al día	RHONA S.A	\$ 7.991
18-01-2012	18-01-2012	Valparaíso	Al día	RHONA S.A	\$ 853.696
03-01-2012	03-01-2012	Valparaíso	Al día	RHONA S.A	\$ 49.359
03-01-2012	03-01-2012	Valparaíso	Al día	RHONA S.A	\$ 21.081
10-01-2012	10-01-2012	Valparaíso	Al día	RHONA S.A	\$ 134.169
18-01-2012	18-01-2012	Valparaíso	Al día	RHONA S.A	\$ 432.860
18-01-2012	18-01-2012	Valparaíso	Al día	RHONA S.A	\$ 56.789
02-01-2012	02-01-2012	Valparaíso	Al día	RHONA S.A	\$ 894.488
30-12-2011	02-01-2012	Valparaíso	A 30 días	Electricidad gobantes S.A	\$ 1.890.367
09-01-2012	09-01-2012	Valparaíso	A 30 días	Electricidad gobantes S.A	\$ 32.762
04-01-2012	09-01-2012	Valparaíso	A 30 días	Electricidad gobantes S.A	\$ 57.156
10-01-2012	10-01-2012	Valparaíso	A 30 días	Electricidad gobantes S.A	\$ 112.455
10-01-2012	10-01-2012	Valparaíso	A 30 días	Electricidad gobantes S.A	\$ 72.043
13-01-2012	13-01-2012	Valparaíso	A 30 días	Electricidad gobantes S.A	\$ 57.394
17-01-2012	17-01-2012	Valparaíso	A 30 días	Electricidad gobantes S.A	\$ 94.576
24-01-2012	24-01-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 26.419
24-01-2012	24-01-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 26.420
20-01-2012	20-01-2012	Valparaíso	Al día	Imperial	\$ 12.546
18-01-2012	18-01-2012	Valparaíso	Al día	Dartel S.A	\$ 225.507
30-01-2012	30-01-2012	Santiago	Al día	Dartel S.A	\$ 234.287
30-01-2012	30-01-2012	Santiago	Al día	Dartel S.A	\$ 40.520
27-01-2012	27-01-2012	Valparaíso	A 30 días	Extralec	\$ 11.971
05-01-2012	05-01-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 63.498
05-01-2012	05-01-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 178.679
05-01-2012	05-01-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 17.672
10-01-2012	10-01-2012	Valparaíso	A 30 días	Extralec	\$ 33.915
11-01-2012	11-01-2012	Valparaíso	A 30 días	Extralec	\$ 60.095
16-01-2012	16-01-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 229.075
17-01-2012	17-01-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 153.635
17-01-2012	17-01-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 2.412
19-01-2012	19-01-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 66.525
23-01-2012	23-01-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 15.965
24-01-2012	24-01-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 30.345
27-01-2012	27-01-2012	Valparaíso	Al día	Inversiones G.L.P	\$ 318.206
22-12-2012	28-12-2012	Valparaíso	Al día	Intermundi Import y Export S.A	\$ 7.140.000
13-01-2012	13-01-2012	Valparaíso	Al día	Ferriper	\$ 10.703
25-01-2012	25-01-2012	Valparaíso	Al día	Sanitarios KIKO	\$ 12.070
20-01-2012	20-01-2012	Valparaíso	Al día	Artilec	\$ 45.363
18-01-2012	18-01-2012	Valparaíso	Al día	ITEC transformadores	\$ 40.981
				Total	\$ 15.500.545

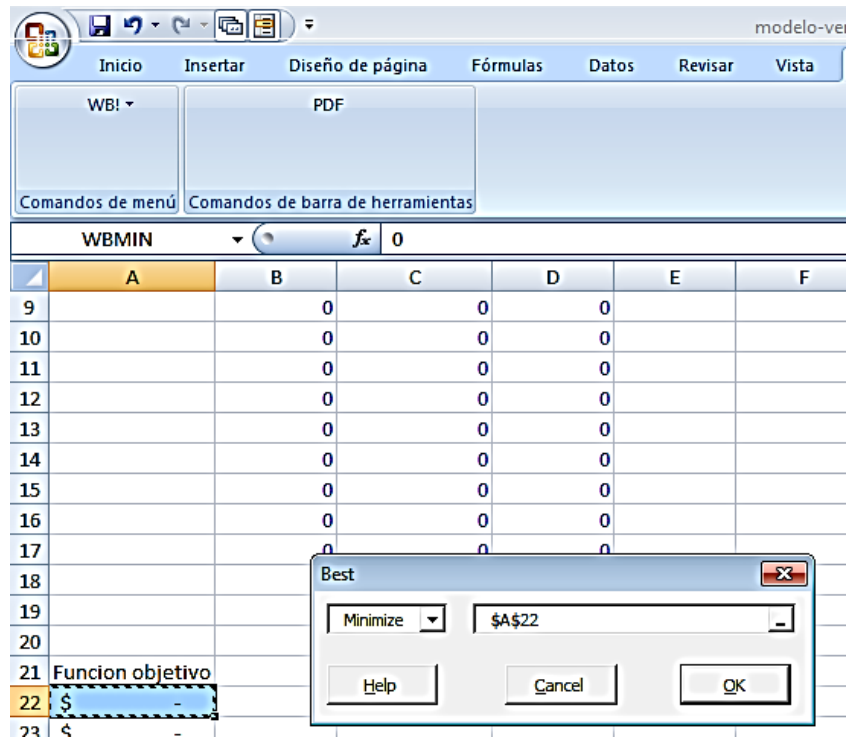
Febrero					
Fecha compra	Fecha recibidos	Cuidad obra	Pago	Proveedores	Monto
01-02-2012	01-02-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 196.047
06-02-2012	06-02-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 54.028
06-02-2012	06-02-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 116.115
08-02-2012	08-02-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 13.060
10-02-2012	10-02-2012	Viña del Mar	Al día	Sodimac	\$ 6.014
13-02-2012	13-02-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 141.429
07-02-2012	07-02-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 24.040
10-02-2012	10-02-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 14.719
26-02-2012	26-02-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 183.147
27-02-2012	27-02-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 49.391
01-02-2012	01-02-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 47.565
01-02-2012	01-02-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 38.004
08-02-2012	08-02-2012	Valparaíso	A 30 días	Electricidad gobantes S.A	\$ 648.292
09-02-2012	09-02-2012	Valparaíso	A 30 días	Electricidad gobantes S.A	\$ 244.902
14-02-2012	14-02-2012	Valparaíso	A 30 días	Electricidad gobantes S.A	\$ 220.019
14-02-2012	14-02-2012	Valparaíso	A 30 días	Electricidad gobantes S.A	\$ 385.548
14-02-2012	14-02-2012	Valparaíso	A 30 días	Electricidad gobantes S.A	\$ 153.748
15-02-2012	15-02-2012	Valparaíso	A 30 días	Electricidad gobantes S.A	\$ 146.464
15-02-2012	15-02-2012	Valparaíso	A 30 días	Electricidad gobantes S.A	\$ 26.994
20-02-2012	20-02-2012	Valparaíso	A 30 días	Electricidad gobantes S.A	\$ 14.811
24-02-2012	24-02-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 379.562
27-02-2012	27-02-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 374.905
28-02-2012	28-02-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 33.422
28-02-2012	28-02-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 45.815
29-02-2012	29-02-2012	Valparaíso	Al día	Dartel S.A	\$ 9.927
01-02-2012	01-02-2012	Valparaíso	Al día	Dartel S.A	\$ 38.911
01-02-2012	01-02-2012	Valparaíso	Al día	Dartel S.A	\$ 4.113
03-02-2012	04-02-2012	Valparaíso	Al día	Dartel S.A	\$ 5.604
09-02-2012	09-02-2012	Valparaíso	Al día	Extraelec	\$ 2.749
18-02-2012	18-02-2012	Valparaíso	Al día	Extraelec	\$ 2.835
13-02-2012	13-02-2012	Valparaíso	Al día	Extraelec	\$ 353.192
16-02-2012	16-02-2012	Valparaíso	Al día	Extraelec	\$ 156.033
22-02-2012	22-02-2012	Valparaíso	Al día	Extraelec	\$ 2.370
22-02-2012	22-02-2012	Valparaíso	A 30 días	Extraelec	\$ 36.821
23-02-2012	23-02-2012	Valparaíso	Al día	Extraelec	\$ 4.061
24-02-2012	24-02-2012	Valparaíso	Al día	Extraelec	\$ 6.450
25-02-2012	25-02-2012	Valparaíso	A 30 días	Extraelec	\$ 25.942
25-02-2012	25-02-2012	Valparaíso	Al día	Extraelec	\$ 2.380
03-02-2012	03-02-2012	Valparaíso	Al día	Extraelec	\$ 19.383
13-02-2012	13-02-2012	Valparaíso	Al día	Extraelec	\$ 12.275
27-02-2012	27-02-2012	Valparaíso	Al día	Extraelec	\$ 6.580
24-02-2012	24-02-2012	Valparaíso	Al día	Extraelec	\$ 86.254
24-02-2012	24-02-2012	Valparaíso	Al día	Pernoval	\$ 8.041
06-02-2012	06-02-2012	Valparaíso	Al día	Plano Express	\$ 12.420
21-02-2012	21-02-2012	Viña del Mar	Al día	Covisa	\$ 32.463
15-02-2012	15-02-2012	Valparaíso	Al día	Tecnored	\$ 15.668
10-02-2012	10-02-2012	Valparaíso	Al día	Kupermetal	\$ 52.040
18-02-2012	18-02-2012	Valparaíso	Al día	Kupermetal	\$ 75.860
25-02-2012	25-02-2012	Valparaíso	Al día	Servifren	\$ 66.225
25-02-2012	25-02-2012	Valparaíso	Al día	Servifren	\$ 10.605
				Total	\$ 4.607.243

Marzo					
Fecha compra	Fecha recibidos	Cuidad obra	Pago	Proveedores	Monto
07-03-2012	07-03-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 3.981
09-03-2012	09-03-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 7.501
09-03-2012	09-03-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 11.969
14-03-2012	14-03-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 13.390
23-03-2012	23-03-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 26.450
26-03-2012	26-03-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 50.830
26-03-2012	26-03-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 46.923
27-03-2012	27-03-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 6.890
28-03-2012	28-03-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 35.414
28-03-2012	28-03-2012	Valparaíso	Al día	Sodimac	\$ 33.320
11-03-2012	11-03-2012	Viña del mar	Al día	Sodimac	\$ 4.911
19-03-2012	19-03-2012	Viña del mar	Al día	Sodimac	\$ 25.221
21-03-2012	21-03-2012	Valparaíso	Al día	RHONA S.A	\$ 25.550
23-03-2012	23-03-2012	Valparaíso	Al día	RHONA S.A	\$ 160.568
06-03-2012	06-03-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 107.876
06-03-2012	06-03-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 51.601
06-03-2012	06-03-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 18.540
06-03-2012	06-03-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 118.110
02-03-2012	08-03-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 114.722
07-03-2012	08-03-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 18.326
09-03-2012	09-03-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 8.820
09-03-2012	09-03-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 9.973
12-03-2012	12-03-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 12.820
12-03-2012	12-03-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 153.510
13-03-2012	13-03-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 303.116
20-03-2012	20-03-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 81.879
21-03-2012	21-03-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 35.629
13-03-2012	13-03-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 22.959
28-03-2012	28-03-2012	Valparaíso	Al día	Electricidad gobantes S.A	\$ 114.604
23-03-2012	23-03-2012	Valparaíso	Al día	Dartel S.A	\$ 33.844
01-03-2012	01-03-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 23.417
02-03-2012	02-03-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 9.916
02-03-2012	02-03-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 14.808
06-03-2012	06-03-2012	Valparaíso	A 30 días	Extralec	\$ 60.857
07-03-2012	07-03-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 16.910
08-03-2012	08-03-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 8.042
09-03-2012	09-03-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 11.474
17-03-2012	17-03-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 2.232
20-03-2012	20-03-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 1.884
22-03-2012	22-03-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 2.360
22-03-2012	22-03-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 75.222
23-03-2012	23-03-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 13.280
23-03-2012	23-03-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 7.378
28-03-2012	28-03-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 99.843
14-03-2012	14-03-2012	Valparaíso	Al día	Extralec	\$ 9.750
06-03-2012	06-03-2012	Valparaíso	Al día	Easy S.A	\$ 41.924
16-03-2012	16-03-2012	Valparaíso	Al día	Easy S.A	\$ 9.806
22-03-2012	22-03-2012	Valparaíso	Al día	Easy S.A	\$ 32.382
22-03-2012	22-03-2012	Valparaíso	Al día	Easy S.A	\$ 24.590
28-03-2012	28-03-2012	Santiago	Al día	Guerrel	\$ 150.968
10-03-2012	10-03-2012	Valparaíso	Al día	Sodiper	\$ 4.998
07-03-2012	07-03-2012	Valparaíso	Al día	Scharfstein	\$ 73.155
07-03-2012	07-03-2012	Valparaíso	Al día	Vitel electricidad	\$ 20.825
06-03-2012	06-03-2012	Valparaíso	Al día	Comercial Becker	\$ 36.153
21-03-2012	21-03-2012	Valparaíso	Al día	Tornemec	\$ 14.280
23-03-2012	23-03-2012	Valparaíso	Al día	Tecnored	\$ 61.478
				Total	\$ 2.487.179

Anexo 2: Definición de la variable Xjr mediante aplicación software What's Best.



Anexo 3: Definición función objetivo, aplicación software What's Best



Anexo 4: Definición de restricciones, aplicación software What's Best.

Ingreso de restricción al programa

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the 'Constraints' dialog box open. The spreadsheet contains the following data:

	A	B	C	D
30				
31	Restriccion 2			
32		0	0	0
33		Not >=	Not >=	Not >=
34		1	1	1
35				
36	Restriccion 4	0	0	0
37		<=	<=	<=

The 'Constraints' dialog box is configured as follows:

- Left Hand Side (LHS): \$B\$32
- Right Hand Side (RHS): \$B\$34
- Operator: >=
- Stored in: \$B\$33

Ingreso de restricción de proporción de tipos de trabajadores.

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the following spreadsheet data:

	A	B	C	D
5	xjr			
6		0	0	0
7		0	0	0
8		0	0	0
9		0	0	0
10		0	0	0
11		0	0	0
12		0	0	0
13		0	0	0
14		0	0	0
15		0	0	0
16		0	0	0
17		0	0	0
18		0	0	0
19				
20				
21	Funcion objetivo			
22	\$	-		
23	\$	-		
24	Restriccion 1			
25		=os!E72;0)	0	0
26		=	=	=
27		0	0	0

The formula bar shows: `=REDONDEAR.MAS(SUMA(B6:`

Ingreso de restricción de que debe existir al menos una actividad realizada por recurso.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a constraint table. The formula bar displays `=SUMA(B6:B18)`. The table has columns A, B, C, and D. Row 32 is highlighted, showing the constraint name 'Restriccion 3' and the formula `=SUMA(B6:B18)`. Row 33 shows the constraint type 'Not >=' for columns B, C, and D. Row 34 shows the constraint value '1' for columns B, C, and D.

	A	B	C	D
4				
5	xjr			
6		0	0	0
7		0	0	0
8		0	0	0
9		0	0	0
10		0	0	0
11		0	0	0
12		0	0	0
30				
31	Restriccion 3			
32		=SUMA(B6:B18)	0	0
33		Not >=	Not >=	Not >=
34		1	1	1

Ingreso de restricción de Máximo de actividades por recurso.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a constraint table. The formula bar displays `=SUMA(B6:B18)`. The table has columns A, B, C, and D. Row 36 is highlighted, showing the constraint name 'Restriccion 4' and the formula `=SUMA(B6:B18)`. Row 37 shows the constraint type '<=' for columns B, C, and D. Row 38 shows the constraint value '12', '7', and '5' for columns B, C, and D respectively.

	A	B	C	D
4				
5	xjr			
6		0	0	0
7		0	0	0
8		0	0	0
9		0	0	0
10		0	0	0
11		0	0	0
12		0	0	0
13		0	0	0
14		0	0	0
15		0	0	0
16		0	0	0
35				
36	Restriccion 4			
36		=SUMA(B6:B18)	0	0
37		<=	<=	<=
38		12	7	5

Ingreso de restricción de combinaciones de recursos por actividad.

	A	B	C	D
3				
4	X <sub>r</sub>	1	2	3
5	1	0	0	0
6	2	0	0	0
7	3	0	0	0
8	4	0	0	0
9	5	0	0	0
10	6	0	0	0
35				
36				
37	Restriccion 4			
38		=SUMA(B5:D5)	Not =	2
39		0	Not =	2
40		0	Not =	2
41		0	Not =	1
42		0	Not =	1
43		0	Not =	2
44		0	Not =	2
45		0	Not =	1
46		0	Not =	2
47		0	Not =	2
48		0	Not =	2
49				
50				
51				

Anexo 5: Listado de tareas en orden de ejecución mediante el software Microsoft Project

	Modo de tarea	Nombre de tarea
0		Planificación de Proyecto Mano de Obra - Puerto Alegre S.A
1		Comienzo de Obra
2		Instalacion de faenas, Excavaciones y fundaciones (Constructora)
3		Obra Gruesa
70		Terminaciones
71		Limpieza cajas de Derivación
94		Rectificación de Tuberías
117		Instalación primera cara
140		Alambrado
163		Armado Tableros
186		Modulacion
209		Instalación Acometida Eléctrica
232		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes
255		Tablero General
256		Entrega
257		Entrega Provisoria
258		Entrega Certificado TE1
259		Conexión empalme final
260		Entrega Final de Cada Depto a la Constructora

Anexo 6: Ingreso de tareas por obra gruesa y terminaciones.

Extracto de las tareas que se ejecutan en Obra Gruesa por piso.

Archivo		Tarea	Recurso	Proyecto	Vista	Formato
Diagrama de Gantt		Pegar	Calibri	11	0%	25%
Ver		Portapapeles	Fuente	Programación		
Modo de tarea		Nombre de tarea				
0		Planificación de Proyecto Mano de Obra - Puerto Alegre S.A				
1		Comienzo de Obra				
2		Instalacion de faenas, Excavaciones y fundaciones (Constructora)				
3		Obra Gruesa				
4		Subteraneo				
5		Instalación Muro				
6		Instalación Losa				
7		Piso 1				
8		Instalación Muro				
9		Instalación Losa				
10		Piso 2				
11		Instalación Muro				
12		Instalación Losa				
13		Piso 3				
16		Piso 4				
19		Piso 5				
22		Piso 6				
25		Piso 7				
28		Piso 8				
31		Piso 9				
34		Piso 10				
37		Piso 11				
38		Instalación Muro				
39		Instalación Losa				

Extracto de tareas que se ejecutan en Terminaciones.

Archivo		Tarea	Recurso	Proyecto	Vista	Formato
Diagrama de Gantt		Pegar	Calibri	11	0%	25%
Ver		Portapapeles	Fuente	Programación		
Modo de tarea		Nombre de tarea				
0		Planificación de Proyecto Mano de Obra - Puerto Alegre S.A				
1		Comienzo de Obra				
2		Instalacion de faenas, Excavaciones y fundaciones (Constructora)				
3		Obra Gruesa				
70		Terminaciones				
71		Limpieza cajas de Derivación				
94		Rectificación de Tuberías				
117		Instalación primera cara				
140		Alambrado				
163		Armado Tableros				
186		Modulación				
209		Instalación Acometida Eléctrica				
232		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes				
255		Tablero General				
256		Entrega				
257		Entrega Provisoria				
258		Entrega Certificado TE1				
259		Conexión empalme final				
260		Entrega Final de Cada Depto a la Constructora				

Extracto de tareas que se ejecutan en Terminaciones por piso.

	Modo de tarea	Nombre de tarea
0		Planificación de Proyecto Mano de Obra - Puerto Alegre S.A
1		Comienzo de Obra
2		Instalacion de faenas, Excavaciones y fundaciones (Constructora)
3		Obra Gruesa
70		Terminaciones
71		Limpieza cajas de Derivación
94		Rectificación de Tuberías
117		Instalación primera cara
140		Alambrado
141		Alambrado Subterráneo
142		Alambrado Piso 1
143		Alambrado Piso 2
144		Alambrado Piso 3
145		Alambrado Piso 4
146		Alambrado Piso 5
147		Alambrado Piso 6
148		Alambrado Piso 7
149		Alambrado Piso 8
150		Alambrado Piso 9
151		Alambrado Piso 10
152		Alambrado Piso 11
153		Alambrado Piso 12
154		Alambrado Piso 13

Anexo 7: Extracto de duración aproximada de tareas.

	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración
0		Planificación de Proyecto Mano de Obra - Puerto Alegre S.A	240,5 días
1		Comienzo de Obra	240,5 días
2		Instalacion de faenas, Excavaciones y fundaciones (Constructora)	1 día
3		Obra Gruesa	110 días
4		Subterráneo	5 días
5		Instalación Muro	2 días
6		Instalación Losa	3 días
7		Piso 1	5 días
10		Piso 2	5 días
13		Piso 3	5 días
16		Piso 4	5 días
19		Piso 5	5 días
22		Piso 6	5 días
25		Piso 7	5 días
28		Piso 8	5 días
31		Piso 9	5 días
34		Piso 10	5 días
37		Piso 11	5 días
40		Piso 12	5 días
43		Piso 13	5 días
44		Instalación Muro	2 días
45		Instalación Losa	3 días
46		Piso 14	5 días

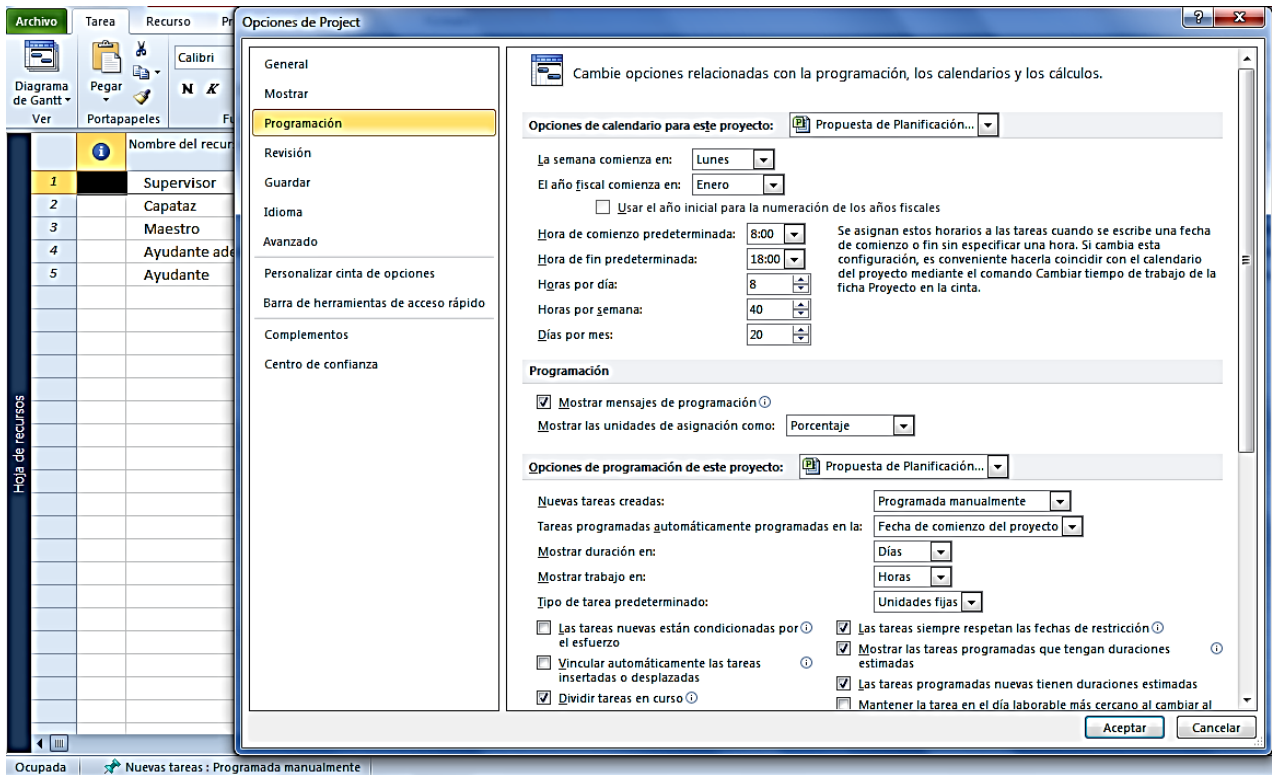
Anexo 8: Extracto de tareas precedentes y sucesoras por actividad.

	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Sucesoras
0		Planificación de Proyecto Mano de Obra - Puerto Alegre S.A	240,5 días		
1		Comienzo de Obra	240,5 días		
2		Instalacion de faenas, Excavaciones y fundaciones (Constructora)	1 día		5FC+30 días
3		Obra Gruesa	110 días		
70		Terminaciones	154,5 días		
71		Limpieza cajas de Derivación	105,5 días		
94		Rectificación de Tuberías	107 días		
117		Instalación primera cara	107 días		
118		Instalación primera cara Subteraneo	2 días	95FC+2 días	141FC+2 días
119		Instalación primera cara Piso 1	2 días	96FC+2 días	142FC+2 días
120		Instalación primera cara Piso 2	2 días	97FC+2 días	143FC+2 días
121		Instalación primera cara Piso 3	2 días	98FC+2 días	144FC+2 días
122		Instalación primera cara Piso 4	2 días	99FC+2 días	145FC+2 días
123		Instalación primera cara Piso 5	2 días	100FC+2 días	146FC+2 días
124		Instalación primera cara Piso 6	2 días	101FC+2 días	147FC+2 días
125		Instalación primera cara Piso 7	2 días	102FC+2 días	148FC+2 días
126		Instalación primera cara Piso 8	2 días	103FC+2 días	149FC+2 días
127		Instalación primera cara Piso 9	2 días	104FC+2 días	150FC+2 días
128		Instalación primera cara Piso 10	2 días	105FC+2 días	151FC+2 días
129		Instalación primera cara Piso 11	2 días	106FC+2 días	152FC+2 días
130		Instalación primera cara Piso 12	2 días	107FC+2 días	153FC+2 días
131		Instalación primera cara Piso 13	2 días	108FC+2 días	154FC+2 días
132		Instalación primera cara Piso 14	2 días	109FC+2 días	155FC+2 días
133		Instalación primera cara Piso 15	2 días	110FC+2 días	156FC+2 días

Anexo 9: Definición de tipo de trabajador.

	Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta de material	Iniciales
1	Supervisor	Trabajo		S
2	Capataz	Trabajo		C
3	Maestro	Trabajo		M
4	Ayudante adelantado	Trabajo		AA
5	Ayudante	Trabajo		A

Anexo 10: Programación de horarios de trabajo



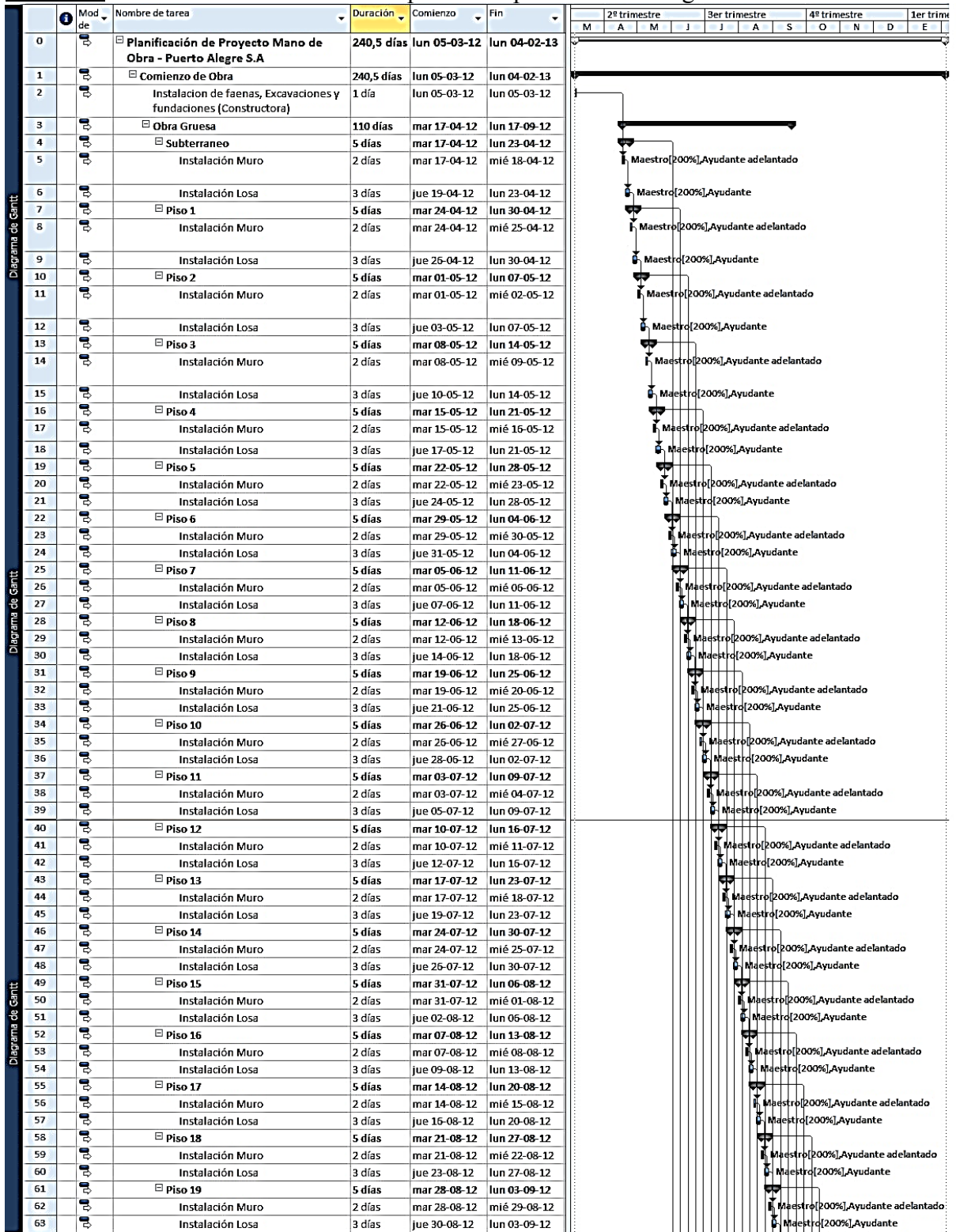
Anexo 11: Costos diarios asignados a cada trabajador

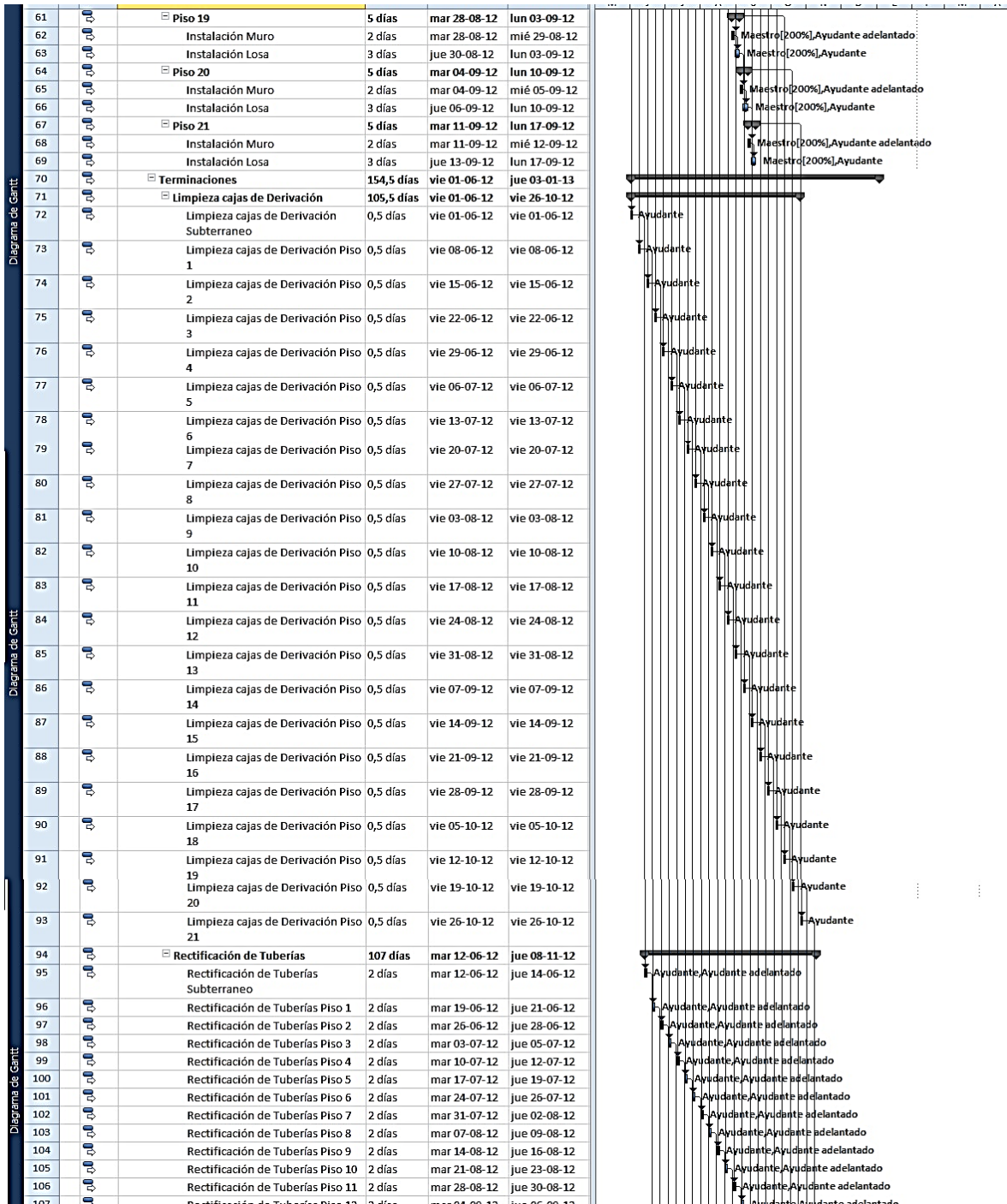
		Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta de material	Iniciales	Capacidad máxima	Tasa estándar
1		Supervisor	Trabajo		S	100%	\$ 30.750,00/día
2		Capataz	Trabajo		C	100%	\$ 26.750,00/día
3		Maestro	Trabajo		M	700%	\$ 22.000,00/día
4		Ayudante adelantado	Trabajo		AA	200%	\$ 18.000,00/día
5		Ayudante	Trabajo		A	200%	\$ 13.500,00/día

## Anexo 12: Programación de trabajadores.

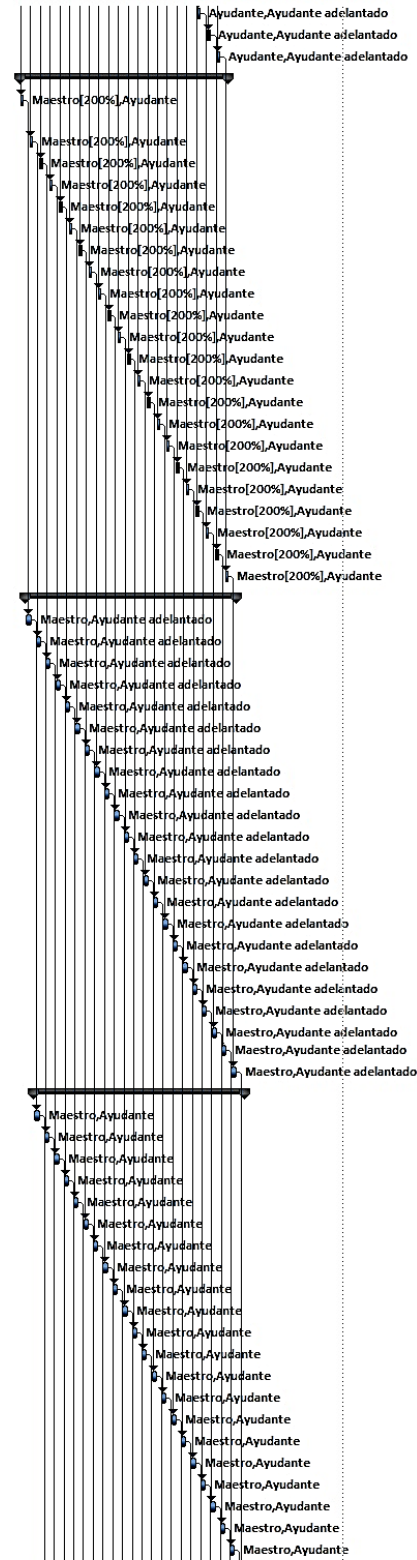
	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Sucesoras	Comienzo	Fin	Nombres de los recursos
0		Planificación de Proyecto Mano de Obra - Puerto Alegre S.A	240,5 días			lun 05-03-12	lun 04-02-13	
1		Comienzo de Obra	240,5 días			lun 05-03-12	lun 04-02-13	
2		Instalacion de faenas, Excavaciones y fundaciones (Constructora)	1 día		5FC+30 días	lun 05-03-12	lun 05-03-12	
3		Obra Gruesa	110 días			mar 17-04-12	lun 17-09-12	Capataz[10%]
70		Terminaciones	154,5 días			vie 01-06-12	jue 03-01-13	
71		Limpieza cajas de Derivación	105,5 días			vie 01-06-12	vie 26-10-12	Capataz[10%]
94		Rectificación de Tuberías	107 días			mar 12-06-12	jue 08-11-12	Capataz[10%]
117		Instalación primera cara	107 días			lun 18-06-12	mié 14-11-12	Capataz[10%]
118		Instalación primera cara Subteraneo	2 días	95FC+2 días	141FC+2 días	lun 18-06-12	mié 20-06-12	Maestro,Ayudante
119		Instalación primera cara Piso 1	2 días	96FC+2 días	142FC+2 días	lun 25-06-12	mié 27-06-12	Maestro,Ayudante
120		Instalación primera cara Piso 2	2 días	97FC+2 días	143FC+2 días	lun 02-07-12	mié 04-07-12	Maestro,Ayudante
121		Instalación primera cara Piso 3	2 días	98FC+2 días	144FC+2 días	lun 09-07-12	mié 11-07-12	Maestro,Ayudante
122		Instalación primera cara Piso 4	2 días	99FC+2 días	145FC+2 días	lun 16-07-12	mié 18-07-12	Maestro,Ayudante
123		Instalación primera cara Piso 5	2 días	100FC+2 días	146FC+2 días	lun 23-07-12	mié 25-07-12	Maestro,Ayudante
124		Instalación primera cara Piso 6	2 días	101FC+2 días	147FC+2 días	lun 30-07-12	mié 01-08-12	Maestro,Ayudante
125		Instalación primera cara Piso 7	2 días	102FC+2 días	148FC+2 días	lun 06-08-12	mié 08-08-12	Maestro,Ayudante
126		Instalación primera cara Piso 8	2 días	103FC+2 días	149FC+2 días	lun 13-08-12	mié 15-08-12	Maestro,Ayudante
127		Instalación primera cara Piso 9	2 días	104FC+2 días	150FC+2 días	lun 20-08-12	mié 22-08-12	Maestro,Ayudante
128		Instalación primera cara Piso 10	2 días	105FC+2 días	151FC+2 días	lun 27-08-12	mié 29-08-12	Maestro,Ayudante
129		Instalación primera cara Piso 11	2 días	106FC+2 días	152FC+2 días	lun 03-09-12	mié 05-09-12	Maestro,Ayudante
130		Instalación primera cara Piso 12	2 días	107FC+2 días	153FC+2 días	lun 10-09-12	mié 12-09-12	Maestro,Ayudante
131		Instalación primera cara Piso 13	2 días	108FC+2 días	154FC+2 días	lun 17-09-12	mié 19-09-12	Maestro,Ayudante

Anexo 13: Planificación de actividades para la empresa Puerto Alegre

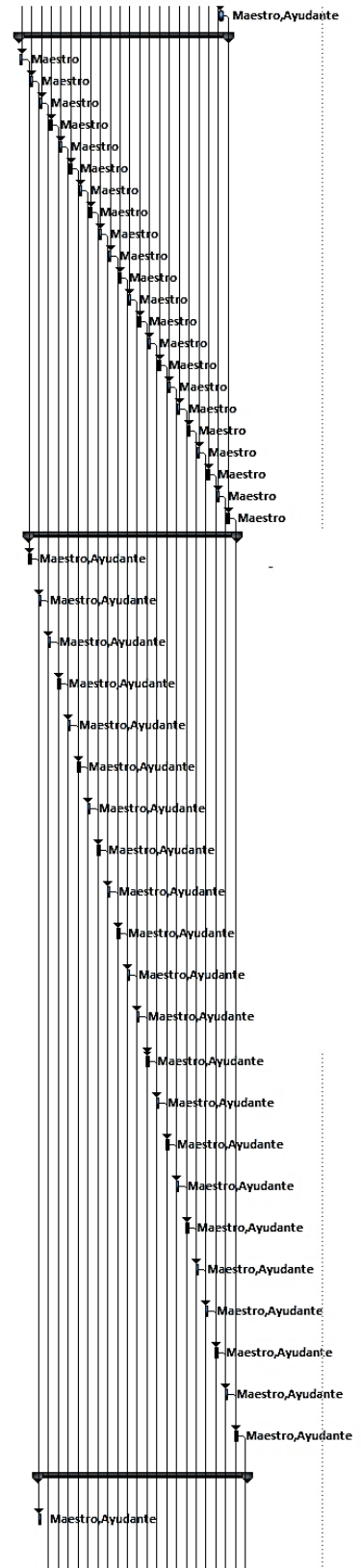




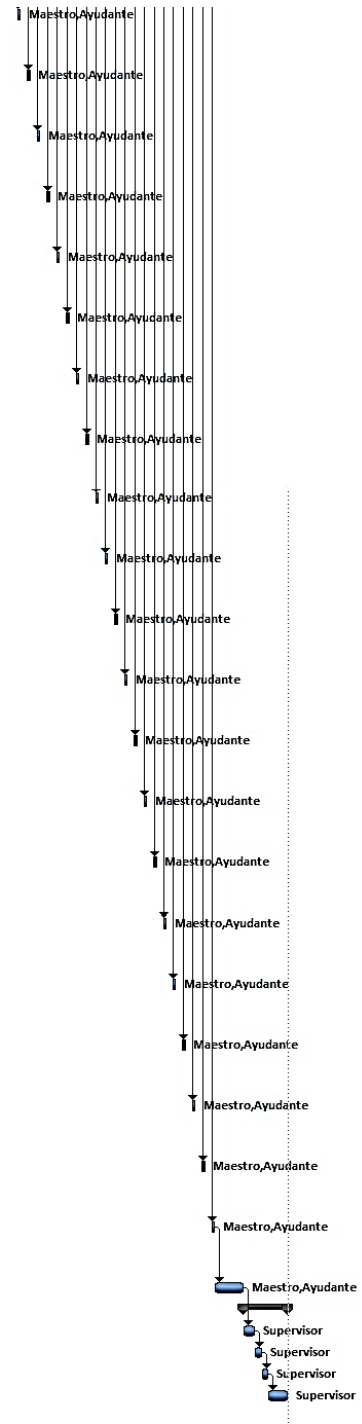
114		Rectificación de Tuberías Piso 19	2 días	mar 23-10-12	jue 25-10-12
115		Rectificación de Tuberías Piso 20	2 días	mar 30-10-12	jue 01-11-12
116		Rectificación de Tuberías Piso 21	2 días	mar 06-11-12	jue 08-11-12
117		<b>Instalación primera cara</b>	<b>107 días</b>	<b>lun 18-06-12</b>	<b>mié 14-11-12</b>
118		Instalación primera cara Subterráneo	2 días	lun 18-06-12	mié 20-06-12
119		Instalación primera cara Piso 1	2 días	lun 25-06-12	mié 27-06-12
120		Instalación primera cara Piso 2	2 días	lun 02-07-12	mié 04-07-12
121		Instalación primera cara Piso 3	2 días	lun 09-07-12	mié 11-07-12
122		Instalación primera cara Piso 4	2 días	lun 16-07-12	mié 18-07-12
123		Instalación primera cara Piso 5	2 días	lun 23-07-12	mié 25-07-12
124		Instalación primera cara Piso 6	2 días	lun 30-07-12	mié 01-08-12
125		Instalación primera cara Piso 7	2 días	lun 06-08-12	mié 08-08-12
126		Instalación primera cara Piso 8	2 días	lun 13-08-12	mié 15-08-12
127		Instalación primera cara Piso 9	2 días	lun 20-08-12	mié 22-08-12
128		Instalación primera cara Piso 10	2 días	lun 27-08-12	mié 29-08-12
129		Instalación primera cara Piso 11	2 días	lun 03-09-12	mié 05-09-12
130		Instalación primera cara Piso 12	2 días	lun 10-09-12	mié 12-09-12
131		Instalación primera cara Piso 13	2 días	lun 17-09-12	mié 19-09-12
132		Instalación primera cara Piso 14	2 días	lun 24-09-12	mié 26-09-12
133		Instalación primera cara Piso 15	2 días	lun 01-10-12	mié 03-10-12
134		Instalación primera cara Piso 16	2 días	lun 08-10-12	mié 10-10-12
135		Instalación primera cara Piso 17	2 días	lun 15-10-12	mié 17-10-12
136		Instalación primera cara Piso 18	2 días	lun 22-10-12	mié 24-10-12
137		Instalación primera cara Piso 19	2 días	lun 29-10-12	mié 31-10-12
138		Instalación primera cara Piso 20	2 días	lun 05-11-12	mié 07-11-12
139		Instalación primera cara Piso 21	2 días	lun 12-11-12	mié 14-11-12
140		<b>Alambrado</b>	<b>107 días</b>	<b>vie 22-06-12</b>	<b>mar 20-11-12</b>
141		Alambrado Subterráneo	2 días	vie 22-06-12	mar 26-06-12
142		Alambrado Piso 1	2 días	vie 29-06-12	mar 03-07-12
143		Alambrado Piso 2	2 días	vie 06-07-12	mar 10-07-12
144		Alambrado Piso 3	2 días	vie 13-07-12	mar 17-07-12
145		Alambrado Piso 4	2 días	vie 20-07-12	mar 24-07-12
146		Alambrado Piso 5	2 días	vie 27-07-12	mar 31-07-12
147		Alambrado Piso 6	2 días	vie 03-08-12	mar 07-08-12
148		Alambrado Piso 7	2 días	vie 10-08-12	mar 14-08-12
149		Alambrado Piso 8	2 días	vie 17-08-12	mar 21-08-12
150		Alambrado Piso 9	2 días	vie 24-08-12	mar 28-08-12
151		Alambrado Piso 10	2 días	vie 31-08-12	mar 04-09-12
152		Alambrado Piso 11	2 días	vie 07-09-12	mar 11-09-12
153		Alambrado Piso 12	2 días	vie 14-09-12	mar 18-09-12
154		Alambrado Piso 13	2 días	vie 21-09-12	mar 25-09-12
155		Alambrado Piso 14	2 días	vie 28-09-12	mar 02-10-12
156		Alambrado Piso 15	2 días	vie 05-10-12	mar 09-10-12
157		Alambrado Piso 16	2 días	vie 12-10-12	mar 16-10-12
158		Alambrado Piso 17	2 días	vie 19-10-12	mar 23-10-12
159		Alambrado Piso 18	2 días	vie 26-10-12	mar 30-10-12
160		Alambrado Piso 19	2 días	vie 02-11-12	mar 06-11-12
161		Alambrado Piso 20	2 días	vie 09-11-12	mar 13-11-12
162		Alambrado Piso 21	2 días	vie 16-11-12	mar 20-11-12
163		<b>Armado Tableros</b>	<b>107 días</b>	<b>jue 28-06-12</b>	<b>lun 26-11-12</b>
164		Armado Tableros Subterráneo	2 días	jue 28-06-12	lun 02-07-12
165		Armado Tableros Piso 1	2 días	jue 05-07-12	lun 09-07-12
166		Armado Tableros Piso 2	2 días	jue 12-07-12	lun 16-07-12
167		Armado Tableros Piso 3	2 días	jue 19-07-12	lun 23-07-12
168		Armado Tableros Piso 4	2 días	jue 26-07-12	lun 30-07-12
169		Armado Tableros Piso 5	2 días	jue 02-08-12	lun 06-08-12
170		Armado Tableros Piso 6	2 días	jue 09-08-12	lun 13-08-12
171		Armado Tableros Piso 7	2 días	jue 16-08-12	lun 20-08-12
172		Armado Tableros Piso 8	2 días	jue 23-08-12	lun 27-08-12
173		Armado Tableros Piso 9	2 días	jue 30-08-12	lun 03-09-12
174		Armado Tableros Piso 10	2 días	jue 06-09-12	lun 10-09-12
175		Armado Tableros Piso 11	2 días	jue 13-09-12	lun 17-09-12
176		Armado Tableros Piso 12	2 días	jue 20-09-12	lun 24-09-12
177		Armado Tableros Piso 13	2 días	jue 27-09-12	lun 01-10-12
178		Armado Tableros Piso 14	2 días	jue 04-10-12	lun 08-10-12
179		Armado Tableros Piso 15	2 días	jue 11-10-12	lun 15-10-12
180		Armado Tableros Piso 16	2 días	jue 18-10-12	lun 22-10-12
181		Armado Tableros Piso 17	2 días	jue 25-10-12	lun 29-10-12
182		Armado Tableros Piso 18	2 días	jue 01-11-12	lun 05-11-12
183		Armado Tableros Piso 19	2 días	jue 08-11-12	lun 12-11-12
184		Armado Tableros Piso 20	2 días	jue 15-11-12	lun 19-11-12



185		Armado Tableros Piso 21	2 días	jue 22-11-12	lun 26-11-12
186	□	<b>Modulacion</b>	<b>107 días</b>	<b>mié 04-07-12</b>	<b>vie 30-11-12</b>
187		Modulación Subteraneo	2 días	mié 04-07-12	vie 06-07-12
188		Modulación Piso 1	2 días	mié 11-07-12	vie 13-07-12
189		Modulación Piso 2	2 días	mié 18-07-12	vie 20-07-12
190		Modulación Piso 3	2 días	mié 25-07-12	vie 27-07-12
191		Modulación Piso 4	2 días	mié 01-08-12	vie 03-08-12
192		Modulación Piso 5	2 días	mié 08-08-12	vie 10-08-12
193		Modulación Piso 6	2 días	mié 15-08-12	vie 17-08-12
194		Modulación Piso 7	2 días	mié 22-08-12	vie 24-08-12
195		Modulación Piso 8	2 días	mié 29-08-12	vie 31-08-12
196		Modulación Piso 9	2 días	mié 05-09-12	vie 07-09-12
197		Modulación Piso 10	2 días	mié 12-09-12	vie 14-09-12
198		Modulación Piso 11	2 días	mié 19-09-12	vie 21-09-12
199		Modulación Piso 12	2 días	mié 26-09-12	vie 28-09-12
200		Modulación Piso 13	2 días	mié 03-10-12	vie 05-10-12
201		Modulación Piso 14	2 días	mié 10-10-12	vie 12-10-12
202		Modulación Piso 15	2 días	mié 17-10-12	vie 19-10-12
203		Modulación Piso 16	2 días	mié 24-10-12	vie 26-10-12
204		Modulación Piso 17	2 días	mié 31-10-12	vie 02-11-12
205		Modulación Piso 18	2 días	mié 07-11-12	vie 09-11-12
206		Modulación Piso 19	2 días	mié 14-11-12	vie 16-11-12
207		Modulación Piso 20	2 días	mié 21-11-12	vie 23-11-12
208		Modulación Piso 21	2 días	mié 28-11-12	vie 30-11-12
209	□	<b>Instalación Acometida Eléctrica</b>	<b>107 días</b>	<b>mar 10-07-12</b>	<b>jue 06-12-12</b>
210		Instalación Acometida Eléctrica Subteraneo	2 días	mar 10-07-12	jue 12-07-12
211		Instalación Acometida Eléctrica Piso 1	2 días	mar 17-07-12	jue 19-07-12
212		Instalación Acometida Eléctrica Piso 2	2 días	mar 24-07-12	jue 26-07-12
213		Instalación Acometida Eléctrica Piso 3	2 días	mar 31-07-12	jue 02-08-12
214		Instalación Acometida Eléctrica Piso 4	2 días	mar 07-08-12	jue 09-08-12
215		Instalación Acometida Eléctrica Piso 5	2 días	mar 14-08-12	jue 16-08-12
216		Instalación Acometida Eléctrica Piso 6	2 días	mar 21-08-12	jue 23-08-12
217		Instalación Acometida Eléctrica Piso 7	2 días	mar 28-08-12	jue 30-08-12
218		Instalación Acometida Eléctrica Piso 8	2 días	mar 04-09-12	jue 06-09-12
219		Instalación Acometida Eléctrica Piso 9	2 días	mar 11-09-12	jue 13-09-12
220		Instalación Acometida Eléctrica Piso 10	2 días	mar 18-09-12	jue 20-09-12
221		Instalación Acometida Eléctrica Piso 11	2 días	mar 25-09-12	jue 27-09-12
222		Instalación Acometida Eléctrica Piso 12	2 días	mar 02-10-12	jue 04-10-12
223		Instalación Acometida Eléctrica Piso 13	2 días	mar 09-10-12	jue 11-10-12
224		Instalación Acometida Eléctrica Piso 14	2 días	mar 16-10-12	jue 18-10-12
225		Instalación Acometida Eléctrica Piso 15	2 días	mar 23-10-12	jue 25-10-12
226		Instalación Acometida Eléctrica Piso 16	2 días	mar 30-10-12	jue 01-11-12
227		Instalación Acometida Eléctrica Piso 17	2 días	mar 06-11-12	jue 08-11-12
228		Instalación Acometida Eléctrica Piso 18	2 días	mar 13-11-12	jue 15-11-12
229		Instalación Acometida Eléctrica Piso 19	2 días	mar 20-11-12	jue 22-11-12
230		Instalación Acometida Eléctrica Piso 20	2 días	mar 27-11-12	jue 29-11-12
231		Instalación Acometida Eléctrica Piso 21	2 días	mar 04-12-12	jue 06-12-12
232	□	<b>Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes</b>	<b>107 días</b>	<b>mar 17-07-12</b>	<b>jue 13-12-12</b>
233		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Subteraneo	2 días	mar 17-07-12	jue 19-07-12



234		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 1	2 días	mar 24-07-12	jue 26-07-12
235		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 2	2 días	mar 31-07-12	jue 02-08-12
236		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 3	2 días	mar 07-08-12	jue 09-08-12
237		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 4	2 días	mar 14-08-12	jue 16-08-12
238		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 5	2 días	mar 21-08-12	jue 23-08-12
239		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 6	2 días	mar 28-08-12	jue 30-08-12
240		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 7	2 días	mar 04-09-12	jue 06-09-12
241		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 8	2 días	mar 11-09-12	jue 13-09-12
242		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 9	2 días	mar 18-09-12	jue 20-09-12
243		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 10	2 días	mar 25-09-12	jue 27-09-12
244		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 11	2 días	mar 02-10-12	jue 04-10-12
245		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 12	2 días	mar 09-10-12	jue 11-10-12
246		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 13	2 días	mar 16-10-12	jue 18-10-12
247		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 14	2 días	mar 23-10-12	jue 25-10-12
248		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 15	2 días	mar 30-10-12	jue 01-11-12
249		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 16	2 días	mar 06-11-12	jue 08-11-12
250		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 17	2 días	mar 13-11-12	jue 15-11-12
251		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 18	2 días	mar 20-11-12	jue 22-11-12
252		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 19	2 días	mar 27-11-12	jue 29-11-12
253		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 20	2 días	mar 04-12-12	jue 06-12-12
254		Instalación de emergencia y luminarias en áreas comunes Piso 21	2 días	mar 11-12-12	jue 13-12-12
255		Tablero General	15 días	jue 13-12-12	jue 03-01-13
256	Entrega		22 días	jue 03-01-13	lun 04-02-13
257		Entrega Provisoria	6 días	jue 03-01-13	vie 11-01-13
258		Entrega Certificado TE1	3 días	vie 11-01-13	mié 16-01-13
259		Conexión empalme final	3 días	mié 16-01-13	lun 21-01-13
260		Entrega Final de Cada Depto a la Constructora	10 días	lun 21-01-13	lun 04-02-13



Anexo 14

Modelo a plena marcha

Y <sub>r</sub>	1	2	3
1	6	3	2
X <sub>jr</sub>	1	2	3
1	0	1	0
2	1	0	1
3	1	0	1
4	0	0	1
5	0	1	1
6	1	0	1
7	1	1	0
8	1	0	0
9	1	0	1
10	1	0	1
11	0	0	1
Funcion objetivo			
\$	6.320.000,00		
\$	4.260.000		
Restriccion 1			
	6	3	2
	=	=	=
	6	3	2
Restriccion 2			
	7	3	8
	>=	>=	>=
	1	1	1
Restriccion 3			
	7	3	8
	<=	<=	<=
	9	3	8
Restriccion 4			
Instalación Muro	1	=	1
Instalación Losa	2	=	2
Instalación Acometida eléctrica	2	=	2
Limpieza cajas de Derivación	1	=	1
Rectificación de Tuberías	2	=	2
Instalación primera cara	2	=	2
Alambrado	2	=	2
Modulación	1	=	1
Armado Tableros	2	=	2
Instalación de Tablero General	2	=	2
Instalación de emergencia y lumina	1	=	1

Modelo a media marcha

Y <sub>r</sub>	1	2	3
1	4	1	1
X <sub>jr</sub>	1	2	3
1	1	1	0
2	1	0	1
3	1	0	1
4	0	0	1
5	0	0	1
6	1	0	1
7	1	1	0
8	1	0	0
9	1	0	1
10	1	0	1
11	1	0	1
Funcion objetivo			
\$	6.840.000,00		
\$	2.390.000		
Restriccion 1			
	4	1	1
	=	=	=
	4	1	1
Restriccion 2			
	9	2	8
	>=	>=	>=
	1	1	1
Restriccion 3			
	9	2	8
	=<=	<=	=<=
	9	3	8
Restriccion 4			
	2	=	2
	2	=	2
	2	=	2
	1	=	1
	1	=	1
	2	=	2
	2	=	2
	1	=	1
	2	=	2
	2	=	2