



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**HERRAMIENTA AVANZADA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE
INSTALACIÓN EN EL ÁREA DE LAS TELECOMUNICACIONES**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
ELECTRICISTA**

FELIPE ANDRES MUÑOZ GUERRA

PROFESOR GUÍA:
ALFONSO EHJO BENBOW

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
NESTOR BECERRA YOMA
ENRIQUE PACHECO GONZÁLEZ

SANTIAGO DE CHILE
NOBIEMBRE 2008

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
ELECTRICISTA
POR: FELIPE MUÑOZ GUERRA
FECHA: 3/11/2008
PROF. GUIA: Sr. ALFONSO EHIJO B.

“HERRAMIENTA AVANZADA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE INSTALACIÓN EN EL ÁREA DE LAS TELECOMUNICACIONES”

La complejidad cada vez mayor de los proyectos desarrollados en el área de telecomunicaciones implica el uso de una gran cantidad de recursos, la coordinación de un número importante de individuos, el uso de tecnología de punta y la realización de numerosas y variadas actividades. Es por esta razón que la gestión debe estar fuertemente apoyada por metodologías y herramientas para la administración de proyectos que mejoren y faciliten por un lado la labor de manejo de los responsables de proyectos, y por otro lado el desarrollo de las tareas por parte de los recursos especializados.

El objetivo del presente trabajo de título es diseñar una herramienta avanzada para la gestión de proyectos de instalación en telecomunicaciones y desarrollar un prototipo funcional para el proceso de planificación de proyectos que diera cuenta de los beneficios obtenidos, que permita apoyar el manejo de este tipo de proyectos entregándoles información de proyectos anteriores gestionados dentro de una base de conocimientos sólida. La herramienta es diseñada tomando en cuenta un modelo de tipificación de proyectos de instalación en telecomunicaciones elaborado por Ariel Muñoz T. [29] y que permite establecer una clasificación para los proyectos de instalación sobre la base de una serie de criterios que permiten definirlos en detalle. Junto con esto el diseño de la solución toma en cuenta 2 estándares a nivel mundial para la administración de proyectos, como son las metodologías del PMI y el estándar CMMI, que son por demás complementarias.

Para establecer un marco sobre el cual estructurar la solución se utilizó la visión de procesos entregada por los desarrollos de Patrones de Procesos de Negocios elaborados por el Dr. Oscar Barros V. y aplicados en el Magíster de Ingeniería de Negocios con TI impartido en el Departamento de Industrias de la Universidad de Chile.

En el diseño y desarrollo de la herramienta se utilizaron aplicaciones Open Source que le dieran el carácter de una solución económica pero a su vez flexible para probables modificaciones o adaptaciones en diversas plataformas en caso de ser requerido.

El resultado final fue el diseño detallado de una solución que permite a grandes rasgos planificar proyectos de instalación en telecomunicaciones, asignar recursos y realizar un seguimiento y control de estos proyectos.

Se concluye que el trabajo desarrollado constituirá un aporte para la gestión de futuros proyectos de instalación en telecomunicaciones, entregando ahorros de esfuerzo, tiempo y costos en la implementación, entregando un apoyo directo a los encargados del manejo de los proyectos.

*Dedicado a mis padres, a mis hermanos, a
toda mi familia, a mis amigos y a ti amor
mío por creer en mí.*

*Porque nuestros sueños son sólo sueños
hasta que creemos en ellos.*

Agradecimientos

Hay tantas personas a las que quisiera agradecer por todo el apoyo que me han dado durante todos estos años, tanto en mi desarrollo profesional como personal.

Quisiera comenzar por agradecer a mis padres Verónica y Sergio, ya que gracias a ellos me he convertido en la persona que soy y he podido conseguir con esfuerzo las metas que me he planteado. A mi hermana Javiera y a mi hermano Gabriel por estar siempre conmigo y alegrarme la vida cada vez que lo he necesitado.

Agradezco a toda mi familia, mis abuelas Pepa y Rita; mis abuelos Oscar y Gustavo; a mis tías Lucía, Rita y Mallay; y a mis primos Gustavo, Jaime y Matías. Gracias a todos por ser un apoyo permanente y darme el ánimo de seguir adelante.

A mis amigos del colegio, que cada vez que nos vemos tienen demostraciones de afecto y de apoyo.

A mis primeros amigos de universidad JP, René y Martín, con los cuales pasamos por los mismos sufrimientos y alegrías durante todos estos años.

A mis amigos de carrera Chascón, Ítalo, Jesús, Seba, Cristian, Iga, Flaca, Mauro que hicimos del estrés y del café una compañía permanente.

Paralelamente a mi trabajo de tesis he realizado un Magíster en el cual he podido conocer a grandes personas y amigos a los cuales agradezco mucho. Especialmente a Enrique y Alberto por brindarme su amistad y apoyo y a este último por darme un fuerte apoyo en el desarrollo de este trabajo de memoria, puntualmente en la programación del prototipo.

Junto con esto quisiera agradecer a Jp por su apoyo en el modelo de asignación, y a Ariel por resolver mis dudas respecto al modelo de tipificación.

Agradezco a mi profesor guía Alfonso Ehijo, que pese a su ajetreada agenda se dio el tiempo para darme el consejo y apoyo necesarios para realizar con éxito este trabajo. De igual forma agradezco a Enrique por todos los sábados en los que nos reunimos a comentar mis avances del trabajo y por su constante apoyo en este proceso.

Y por supuesto a mi negra, quien ha sido mi compañera en estos últimos años y que ha sido un motor fundamental en mi vida entregándome amor, apoyo y consejos. Gracias a ti vida mía, al Ignacio por todo el amor que me ha entregado, a la Fernanda por la alegría que transmite y a mi suegrita Keka por recibirme con los brazos abiertos dándome todo el apoyo y cariño, gracias.

Gracias a todos por hacer de esto una realidad.

Índice

Índice de Figuras	IV
Índice de Tablas	VII
Índice de Ecuaciones	VIII
Capítulo 1 Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Alcances	3
1.3. Objetivo General	4
1.4. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Descripción del Trabajo.....	5
Capítulo 2 Antecedentes	6
2.1. Proyectos de Instalación en Telecomunicaciones.....	6
2.1.1. Proyectos de Core (Núcleo)	6
2.1.2. Proyectos de Distribución	7
2.1.3. Proyectos de Acceso	8
2.1.4. Servicios Avanzados de Telecomunicaciones (NGN).....	10
2.1.5. Proyectos de Servicios de Valor Agregados.....	11
2.2. Tipificador de Proyectos de Instalación en el Área de Telecomunicaciones	11
2.2.1. Familias de Proyectos	13
2.2.2. Criterios de Tipificación.....	17
2.3. Metodología PMI en la Gestión de Proyectos	20
2.3.1. <i>Project Management</i> (Dirección de Proyectos).....	20
2.3.2. Progresos Metodológicos del <i>Project Management</i>	20
2.4. Estándar CMMI para la Gestión de Proyectos	22
2.4.1. Niveles de Madurez y Capacidad.....	23
2.4.2. Gestión de Proyectos.....	25
2.5. Teoría de Macroprocesos	27
2.5.1. Definición de Macroprocesos	30
2.5.2. Arquitecturas.....	31

Capítulo 3	Metodología	32
3.1.	Metodología para el Diseño e Implementación de la Solución.....	32
3.1.1.	Elementos de Diseño	33
3.1.2.	Estructura del Diseño.....	45
3.2.	Elección de Herramientas de Diseño e Implementación	48
3.2.1.	Framework Struts.....	48
3.2.2.	Herramienta para Modelado UML.....	51
3.2.3.	Plataforma del Servidor.....	51
3.2.4.	Servidor de Aplicaciones J2EE	51
3.2.5.	Motor de Base de Datos	51
3.2.6.	Aplicación para el Manejo de Cartas Gantt.....	51
3.2.7.	Aplicación para la Formaulación de Problemas de Programacion Lineal	53
3.2.8.	Aplicación para el Diseño y Ejecución de Flujos de Trabajo	53
3.2.9.	Configuración Definitiva de la Solución.....	55
Capítulo 4	Resultados	56
4.1.	Arquitectura de Procesos para el Diseño de la Herramienta.....	57
4.1.1.	Gestión de Implementación y Entrega de Proyectos	59
4.1.2.	Implementación y Entrega de Proyectos.....	70
4.2.	Proceso de Asignación de Técnicos.....	75
4.2.1.	Logica de Prioridad de Tareas	75
4.2.2.	Cálculo de Esfuerzo.....	75
4.2.3.	Lógica de Asignación de Recursos	75
4.3.	Diseño en UML de la Herramienta.....	79
4.3.1.	Casos de Uso	79
4.3.2.	Diagramas de Secuencia.....	81
4.3.3.	Arquitectura del Diseño	92
4.4.	Desarrollo del Prototipo para Planificación.....	94
4.4.1.	Programación del Prototipo	95
4.4.2.	Estructura en XML de Carta Gantt en GanttProject	97
4.5.	Pantallas del Prototipo para Planificación.....	100
4.5.1.	Inicio	100
4.5.2.	Ingreso de Nuevo Proyecto	101
4.5.3.	Selección de Criterios y Estimacion de la Cantidad de Recursos.....	102
4.5.4.	Resumen Proyecto	104
4.5.5.	Ingreso Exitoso	105
4.5.6.	Ver Proyectos Similares.....	106
4.5.7.	Cargar XML de Proyecto Similar.....	107
4.5.8.	Carta Gantt de Proyecto Similar	108
4.5.9.	Buscar Proyectos Almacenados	109
4.5.10.	Ver Proyectos Encontrados	110
4.5.11.	Ver Lista de Proyectos Almacenados	111
Capítulo 5	Discusiones	112
5.1.	Discusión “Planificacion, Asignacion de Recursos, Seguimiento y Control para Proyectos de Instalación de Telecomunicaciones”	112
5.1.1.	Planificación.....	113

5.1.2.	Asignación.....	114
5.1.3.	Control y Seguimiento	115
5.1.4.	Diferencias con Soluciones Existentes	116
5.2.	Discusión “Metodología PMI y Estándar CMMI”	118
5.2.1.	Metodología PMI	119
5.2.2.	Estándar CMMI	120
5.2.3.	Enfoques Alternativos	121
5.3.	Discusión “Arquitectura de Procesos”	122
5.4.	Discusión “Prototipo de Planificación Implementado”	123
5.4.1.	Características Open Source	123
5.4.2.	Incorporación del Modelo de Tipificación.....	124
5.4.3.	Conexión entre la Aplicación y GanttProject	124
5.4.4.	Diseño de Pantallas e Interfaz de Usuario	125
Capítulo 6	Conclusiones	126
6.1.	Conclusiones Generales.....	126
6.2.	Limitaciones de la Herramienta.....	128
6.3.	Recomendaciones Para Trabajos Futuros.....	129
Referencias Bibliográficas		130
Acrónimos		134
Anexos		137
Anexo A:	Procesos de Apoyo para la Implementación de Proyectos.....	137
Anexo B:	Gantts Proyectos de Instalación.....	140
Anexo C:	Programa de Asignación en GAMS.....	143
Anexo D:	Áreas de Conocimientos del PMI.....	148
Anexo E:	Gestión de Proyectos en el Estándar CMMI	152
Anexo F:	Estándar BPMN.....	159
Anexo G:	Plataforma J2EE	162
Anexo H:	Metodología IDEF0	165
Anexo I:	Tratamiento de Información XML.....	171

Índice de Figuras

Figura 1 Estudios del Informe <i>Chaos</i> .	1
Figura 2 Descripción del Proyecto de Memoria Desarrollado.	3
Figura 3 Red de Transporte.	7
Figura 4 Red xDSL.	8
Figura 5 Red WLAN.	9
Figura 6 Red UMTS.	10
Figura 7 Arquitectura Red NGN.	11
Figura 8 Proyectos de Instalación en Telecomunicaciones.	12
Figura 9 Red Backbone ATM.	15
Figura 10 Planta Externa.	15
Figura 11 Proyecto HFC.	16
Figura 12 Arquitectura IMS.	16
Figura 13 Progresos Metodológicos.	20
Figura 14 Mapa de Procesos del PMI.	21
Figura 15 Etapas de Evolución CMMI.	23
Figura 16 Áreas de Proceso para el Manejo Básico de Proyectos.	25
Figura 17 Áreas de Proceso para el Manejo Avanzado de Proyectos.	26
Figura 18 Detalle Arquitectura Macroprocesos.	29
Figura 19 Diagrama de flujo entre procesos tipo.	30
Figura 20 Arquitectura de Macroprocesos.	31
Figura 21 Metodología.	32
Figura 22 Áreas de Conocimiento del PMI a Considerar.	33
Figura 23 Elementos para la Planificación y Ejecución de Proyectos.	37
Figura 24 Elementos para el Monitoreo y Control de Proyectos.	37
Figura 25 Elementos para el diseño de Procesos.	42
Figura 26 Estructura Modular del Diseño de la Solución.	45
Figura 27 Relación de Elementos de Diseño con Módulo de Planificación.	46
Figura 28 Relación de Elementos de Diseño con Módulo de Asignación.	47
Figura 29 Relación de Elementos de Diseño con Módulo de Seguimiento.	47
Figura 30 Funcionalidad Struts.	48
Figura 31 Funcionalidad Struts en Dealle.	49
Figura 32 Diagrama de Secuencia Struts.	50
Figura 33 Ejemplo de Herramienta GanttProject.	52

Figura 34 Resultados Obtenidos.	56
Figura 35 Macroprocesos.	57
Figura 36 Macro 1.	58
Figura 37 Gestión de Implementación y Entrega de Proyectos.	59
Figura 38 Planificación para Implementación de Proyectos.	60
Figura 39 Ingreso Nuevo Proyecto.	61
Figura 40 Selección Proyectos a Implementar.	62
Figura 41 Decidir Asignación y Mejora Recurso.	63
Figura 42 Decidir Asignación Recursos.	64
Figura 43 Procesar Necesidades Tareas.	65
Figura 44 Obtener Lista Recursos Adecuados.	65
Figura 45 Asignar y dar Instrucciones a Recursos.	66
Figura 46 Determinar Esfuerzo por Tarea.	67
Figura 47 Asignar Recursos por Tareas.	68
Figura 48 Instrucciones Mejora Recurso.	68
Figura 49 Iniciar Ejecución Proyectos.	69
Figura 50 Implementación y Entrega Proyectos.	70
Figura 51 Implementación Proyectos.	71
Figura 52 Control Responsable.	72
Figura 53 Control Jefe Proyecto.	73
Figura 54 Control Técnico.	74
Figura 55 Diagrama de Casos de Uso.	79
Figura 56 Diagrama de Secuencia de la Aplicación “Ingreso de Proyectos, Asignación y Control de Recursos”.	82
Figura 57 Diagrama de Secuencia “Ingreso de Nuevo Proyecto”.	83
Figura 58 Diagrama de Secuencia “Asignación de Prioridades”.	84
Figura 59 Diagrama de Secuencia “Obtención de Recursos Adecuados”.	85
Figura 60 Diagrama de Secuencia “Cálculo de Esfuerzo”.	86
Figura 61 Diagrama de Secuencia “Asignación Recursos a Tareas”.	87
Figura 62 Diagrama de Secuencia “Inicio Ejecución de Proyectos”.	88
Figura 63 Diagrama de Secuencia “Control Responsable”.	89
Figura 64 Diagrama de Secuencia “Control Jefe Proyectos”.	90
Figura 65 Diagrama de Secuencia “Control Técnico”.	91
Figura 66 Diagrama de Clases Físicas.	92
Figura 67 Diagrama de Flujo Web del Prototipo.	95
Figura 68 Clases y Controladores del Prototipo.	96
Figura 69 Página de Inicio.	100
Figura 70 Ingreso de Nuevo Proyecto.	101
Figura 71 Selección de Criterios.	102
Figura 72 Estimación de la Cantidad de Recursos Requeridos.	103
Figura 73 Resumen.	104
Figura 74 Ingreso Exitoso.	105
Figura 75 Ver Proyectos Similares.	106
Figura 76 Cargar XML de Proyecto Similar.	107
Figura 77 Carta Gantt del Proyecto Similar	108
Figura 78 Buscar Proyectos Almacenados	109
Figura 79 Ver Proyectos Encontrados	110
Figura 80 Ver Lista de Proyectos Almacenados.	111

Figura 81 Gestión Básica de Proyectos en las Etapas de Evolución del CMMI.	121
Figura 82 Procesos de Apoyo para Implementación.	137
Figura 83 Procesos de Ingreso, Manejo y Transferencia Recurso.	139
Figura 84 Carta Gantt de Proyectos de Core.	140
Figura 85 Carta Gantt de Proyectos de Distribución.	141
Figura 86 Carta Gantt de Proyectos de Acceso.	141
Figura 87 Carta Gantt de Proyectos de NGN.	142
Figura 88 Carta Gantt de Proyectos de Servicios de Valor Agregado	142
Figura 89 Modelamiento de Procesos y Reglas de Negocio.	160
Figura 90 Uso de Símbolos de BPMN Seleccionados.	161
Figura 91 Relación entre Capas y Framework J2EE.	163
Figura 92 Arquitectura Multi-capa con J2EE.	164
Figura 93 Diagrama A-0.	169
Figura 94 Operación en Cadena.	170
Figura 95 Feedback.	171

Índice de Tablas

Tabla 1 Característica Magnitud.	18
Tabla 2 Característica Naturaleza.	18
Tabla 3 Característica Tipo de Servicio.	19
Tabla 4 Elementos para la Planificación y Ejecución de Proyectos.	41
Tabla 5 Elementos para el diseño de Procesos.	45
Tabla 6 Características Generales de GanttProject.	52
Tabla 7 Beneficios de la Metodología PMI.	119

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 Restriccion de Holgura.	77
Ecuación 2 Restriccion de Recurso.	78
Ecuación 3 Restriccion de Duplicación.	78
Ecuación 4 Restriccion de Dependencia.	78
Ecuación 5 Restriccion de Presupuesto.	78
Ecuación 6 Función Objetivo.	78

Capítulo 1

Introducción

1.1 Motivación

En la actualidad dada la gran cantidad de proyectos en desarrollo en las diferentes ramas de la ingeniería, particularmente para el área de telecomunicaciones, y debido a la complejidad de estos en cuanto a la cantidad de recursos a utilizar, el número de tareas a desarrollar (y la duración de las mismas) y los altos costos asociados, motivan la búsqueda de una gestión eficiente de los proyectos como un factor muy importante a considerar por las empresas para llevar a adelante con éxito la planificación y ejecución de cada proyecto.

Existe un estudio que precisamente apunta a cuantificar que tan eficiente es actualmente el desarrollo y ejecución de proyectos en el mundo, el Informe *Chaos* o *The Chaos Report* [45], en el cual se entrega cada 2 años el escenario que enfrentan los proyectos en general, existiendo para ello una clasificación de los proyectos dependiendo si estos fueron realizados dentro del tiempo y con el presupuesto planificado, o si los proyectos fueron efectivamente completados pero fuera de los plazos definidos, con un aumento de los costos propuestos, y probablemente con modificaciones en las características de ellos, o finalmente están aquellos proyectos que simplemente fueron cancelados durante su ejecución¹.

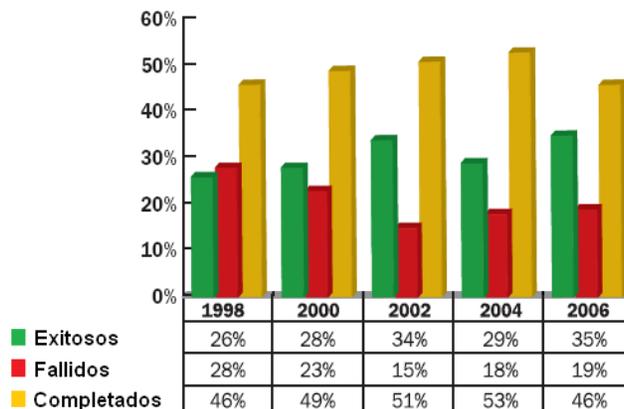


Figura 1: Estudios del Informe *Chaos*²[47].

¹ El estudio de *The Chaos Report* cubre más de 60000 proyectos.

² El gráfico corresponde a los resultados del informe *Chaos* y que aparecen en *Trends Report 2008*.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Se puede apreciar que en el último estudio (año 2006) los proyectos que sobrepasaron los plazos y el presupuesto (Completados) y aquellos que fueron simplemente cancelados (Fallidos), suman el 65% de los proyectos realizados, lo que representa un potente indicador para motivar cada vez más al desarrollo de iniciativas que apunten a solucionar los problemas de planificación y gestión de los proyectos. En particular los proyectos de telecomunicaciones no son ajenos a estos problemas, y que se ven incrementados por las dificultades permanentes del desarrollo de nuevas tecnologías que incorporan variables de riesgo e incertidumbre en la implementación de nuevos proyectos.

Una estadística del mismo informe *Chaos* indica que para los proyectos TIC³ cerca del 53% de los proyectos sobrepasa los plazos definidos inicialmente en casi la mitad del tiempo y el presupuesto inicial, mientras que un 18% fracasan y tan solo un 29% tienen éxito.

Es aquí donde toma fuerza la necesidad de buscar herramientas y metodologías que apoyen el desarrollo de proyectos desde su inicio hasta su cierre, considerando en particular la información existente respecto a desarrollos anteriores de proyectos, que como se puede inferir de los resultados del informe *Chaos*, existe mucha información disponible.

Es por esta razón que una metodología que recoja los conocimientos y experiencia de Proyectos de Instalación de Telecomunicaciones previamente desarrollados determinando tanto sus aciertos como sus fallas puede permitir lograr el éxito del desarrollo futuro de estos proyectos.

Junto con esto es necesario considerar la condición de recurso escaso que se presenta irremediablemente en toda empresa debido a las variaciones que existen entre periodos de gran cantidad de desarrollo de proyectos y los de bajo desarrollo, con lo cual se tiene un número de recursos razonable que cubra correctamente ambos escenarios, de manera de no tener demasiado recurso ocioso, ni una falta de recursos excesiva. Con esto se tiene un número limitado de recursos que debe ser eficientemente utilizado de manera de optimizar el desarrollo de los distintos proyectos en los que se desempeña cada recurso.

De esta forma es esencial determinar una manera de asignar los recursos disponibles lo más óptimamente posible de acuerdo a características tanto del proyecto como del recurso mismo, como por ejemplo: especialidad y habilidades del recurso, nivel de experiencia, estado de ocupación (tanto actual como futuro), tareas a desarrollar, nivel de dificultad (o esfuerzo) de cada tarea, duración de cada tarea, etc.

Por otro lado es gran ayuda tener un control adecuado de cada proyecto que entregue un acceso expedito tanto a los jefes de proyecto, como al responsable general de proyectos, y a los recursos asignados a dichos proyectos, de manera tal que puedan interactuar entre ellos comunicando los grados de avance de cada tarea, o siendo avisados en caso de un atraso en alguna tarea, o de nuevos requerimientos del proyecto, entre otros. Esto permite la gestión integral de un proyecto con lo cual disminuye considerablemente la posibilidad de sorpresas desagradables durante su desarrollo, debido a demoras, problemas con los recursos, aumento excesivo de los costos, etc.

³ Tecnologías de Información y Comunicaciones

1.2 Alcances

El presente trabajo de memoria de título consiste en el rediseño de los procesos de gestión de implementación y entrega de proyectos de instalación en el área de telecomunicaciones, que en pocas palabras busca:

“Optimizar el manejo de recursos por medio de un sistema de planificación, asignación y gestión de recursos que simplifique el ingreso de nuevos proyectos de instalación y la coordinación de recursos durante el desarrollo de dichos proyectos”.

La importancia de este trabajo de memoria radica en la idea de desarrollar un sistema eficiente capaz de apoyar tanto al responsable de proyectos como a los jefes de los proyectos respectivos y por ende mejorar la coordinación con los recursos encargados de llevar a cabo cada proyecto, logrando una disminución en los tiempos de implementación, disminución de costos, entre otros.

El problema a resolver considera el mejorar el cumplimiento de la implementación de proyectos con los clientes, optimizar los tiempos de ocupación de cada recurso, disminuir los costos de cada proyecto, etc. El cual será resuelto por medio de la gestión integral de cada proyecto y de los proyectos en su conjunto, optimizando la asignación de recursos a cada proyecto, recuperando la información de proyectos anteriormente realizados y facilitando la gestión de cada proyecto en curso.

Este trabajo de memoria nace por la necesidad de crear algún tipo de ventaja respecto a los competidores actuales. Pero no es fácil crear estas ventajas, ya que las condiciones del negocio son bastante similares para casi todas las empresas de telecomunicaciones⁴.

La solución propuesta administra los recursos de la mejor forma posible, generando una interacción entre todos los involucrados, como los Técnicos, los Jefes de Proyectos, y por supuesto el Responsable de todos los proyectos.

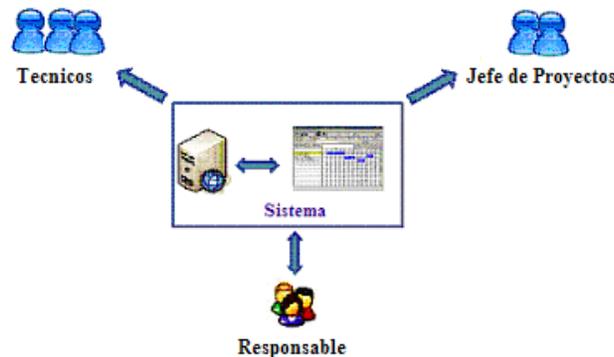


Figura 2. Descripción del Proyecto de Memoria Desarrollado

⁴ Con la excepción de las empresas sometidas a regulación de tarifas.

1.3 Objetivo General

El Trabajo de Memoria de Título “Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el área de Telecomunicaciones” busca recopilar y analizar toda la información relevante al manejo de proyectos, particularmente utilizando un modelo tipificador de proyectos de instalación en el área de telecomunicaciones que permita efectuar una gestión del conocimiento histórico de proyectos con el fin de apoyar proyectos futuros, considerando también las metodologías y estándares existentes para el correcto manejo de proyectos, como son los entregados por el PMI⁵, por intermedio del PMBOK⁶, y el CMMI⁷. Finalmente utiliza como unificador de estas metodologías y estándares, los desarrollos de Patrones de Procesos de Negocios, o Macroprocesos, elaborados por el Dr. Oscar Barros V. y aplicados en el Magíster de Ingeniería de Negocios con TI impartido en el Departamento de Industrias de la Universidad de Chile.

Todo lo anterior con el fin de diseñar e implementar una solución integral de gestión de Proyectos de Instalación de Telecomunicaciones que permita la utilización de la experiencia aplicada en proyectos anteriores, una asignación experta de recursos y un control exhaustivo del avance de cada tarea por parte de el (los) recurso(s) respectivo(s).

1.4 Objetivos Específicos

- Familiarizarse con los Proyectos de Instalación de Telecomunicaciones, particularmente con las características de los proyectos de Core, Distribución, Acceso, NGN⁸, Servicios de Valor Agregado e Infraestructura.
- Facilitar la creación e ingreso de un nuevo Proyecto de Instalación de Telecomunicaciones por parte del responsable de dichos proyectos.
- Utilizar la información de Proyectos de Instalación de Telecomunicaciones anteriores para simplificar el desarrollo de futuros proyectos. Todo esto con el fin de utilizar la información de problemas presentados y soluciones encontradas por los encargados de las tareas que conforman cada proyecto y reutilizarla en desarrollos futuros.
- Optimizar la asignación de recursos a los distintos Proyectos Instalación de Telecomunicaciones para evitar el “recurso_ocioso”, maximizando la cantidad de proyectos desarrollados y minimizando los tiempos de implementación.
- Desarrollar un prototipo funcional que permita poner a prueba el diseño realizado particularmente para los procesos de planificación y asignación de recursos.

⁵ *Project Management Institute*

⁶ *Project Management Book Of Knowledge*

⁷ *Capability Maturity Model Integration*

⁸ *Next Generation Network* o Redes de Nueva Generación.

1.5 Descripción del Trabajo

A modo de estructuración del presente documento se muestra a continuación una breve descripción de cada uno de los capítulos que conforman el trabajo realizado, incluyendo las ideas más relevantes en cada caso:

El Capítulo 1 describe las motivaciones para la realización del proyecto de título, nombrando los elementos principales de un manejo de proyectos donde caben por supuesto los de Instalación de Telecomunicaciones. Se enuncian los objetivos generales y específicos del trabajo de título y la descripción general del documento realizado.

El Capítulo 2 considera los conceptos, teorías e información respecto a proyectos de instalación en el área de telecomunicaciones, describiéndose un método de tipificación para dichos proyectos. Junto con esto se estudian las metodologías del PMI para el correcto manejo de proyectos y que son complementadas con el estándar CMMI que define entre otras cosas los factores a tomar en cuenta para un manejo óptimo. Finalmente se presenta la teoría de Macroprocesos sobre la cual se plasma el diseño con las consideraciones de manejo de proyectos antes mencionadas, y que por medio de una visión de procesos permite incorporar la solución de manera de apoyar efectivamente a los procesos que así lo requieren.

El Capítulo 3 abarca la metodología empleada para el diseño e implementación de la solución propuesta. Se estructura la forma en la que se diseñará la solución, considerando en que medida aportan las metodologías, estándares y la teoría de procesos al diseño final y como se relacionan entre ellos. Además se describirán las herramientas de diseño e implementación a utilizar.

En el Capítulo 4 se entregan los resultados obtenidos del diseño e implementación, describiéndose en detalle la arquitectura de procesos en que se enmarca la solución, también se describen las lógicas relevantes para el proceso de asignación de recursos, la descripción del diseño en UML⁹ de la herramienta, el desarrollo del prototipo y la visualización gráfica de este.

El Capítulo 5 detalla las discusiones respecto a solución obtenida, y que considera desde el diseño de la arquitectura de procesos entregada, los métodos y lógicas para la asignación de recursos y metodologías y estándares utilizados.

En el Capítulo 6 se efectúan finalmente las conclusiones obtenidas del trabajo realizado, en las que se consideran los resultados finales de la solución diseñada, así como el prototipo de la herramienta desarrollada, sus limitaciones y algunas recomendaciones para futuros trabajos que continúen con esta línea de investigación.

Los Anexos muestran una descripción más detallada de algunos de los temas tratados en el presente trabajo.

⁹ *Unified Modeling Language* o Lenguaje Unificado de Modelación

Capítulo 2

Antecedentes

2.1 Proyectos de Instalación en Telecomunicaciones

Los proyectos de ingeniería contemplan una amplia gama de elementos que los describen y por ende se han establecido un sinnúmero de definiciones realizadas por diferentes autores que tratan de explicar el concepto de manera general, no existiendo todavía una definición que satisfaga a todos, dada la diversidad de áreas de ingeniería y la amplitud dentro de cada una de estas.

En particular se utilizará la siguiente definición:

“Un proyecto es una empresa planificada que consiste en un conjunto de actividades que se encuentran interrelacionadas y coordinadas, cuya razón es alcanzar objetivos específicos dentro de los límites que imponen un presupuesto y un lapso de tiempo previamente definidos” [32].

En particular para el diseño y desarrollo de la herramienta se analizarán proyectos de telecomunicaciones y mas específicamente se estudiarán proyectos de Instalación en Telecomunicaciones, para lo cual se utilizará como referencia la memoria de título de Ariel Muñoz T.¹⁰ que precisamente consideró este tema para construir un tipificador de este tipo de proyectos que entrega directrices para su planificación y ejecución.

A continuación se detallan los proyectos de instalación considerados en el modelo de tipificación final [29]:

2.1.1 Proyectos de Core (Núcleo)

Corresponden a proyectos encargados de establecer los sistemas de interconectividad primarios encargados de encausar el tráfico lo más rápidamente posible hacia los servicios adecuados. En general dicho tráfico va y viene desde servicios comunes a una gran cantidad de usuarios, como es el caso de los servicios globales o corporativos.

Como ejemplos se tienen los diseños de redes Backbone ATM, IP, IP/MPLS, entre otras.

¹⁰ Tipificación y Metodología para Proyectos de Instalación en al Área de las Telecomunicaciones.

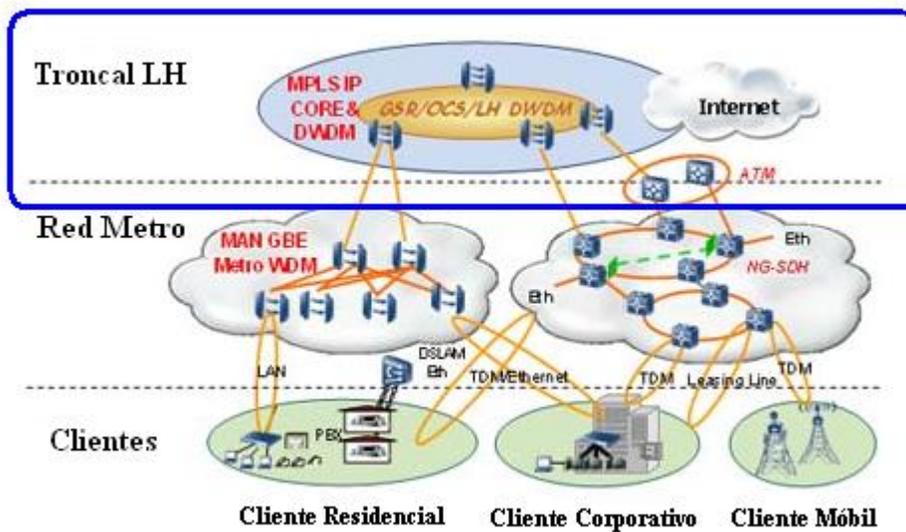


Figura 3. Red de Núcleo¹¹

2.1.2 Proyectos de Distribución

La idea central de este tipo de proyectos está en el diseño de un sistema que permita la difusión de la red hacia los puntos de demanda de esta.

Estos proyectos contemplan una serie de funciones entre las que se encuentran:

1. Funcionar como punto de concentración para ingresar a dispositivos de capa de acceso.
2. Permitir el enrutamiento de tráfico entregando acceso a los grupos de trabajo.
3. Segmentación de la red en múltiples dominios de difusión.
4. Brindar seguridad y filtrado.

Como ejemplos se tienen proyectos de planta externa (que considera toda la infraestructura de cableado, instalaciones y equipos dispuestos fuera de los edificios de planta interna hasta el Terminal de distribución) de una organización y proyectos de MMOO¹² y ATM.

¹¹ La red de núcleo es la que se aprecia enmarcada en azul.

¹² Redes de Microondas

2.1.3 Proyectos de Acceso

Constituyen los proyectos en los que finalmente se establece el acceso al cliente o usuario final, y son por ende muy relevantes debiendo considerar factores tanto técnicos como geográficos.

Se consideran 2 tipos de tecnologías de acceso: las cableadas (par trenzado, cable coaxial, FO, red eléctrica) y las inalámbricas (señales de radio, WiFi, WiMax, GSM, etc.)

2.1.3.1 Proyectos de Acceso Cableado

Se definen como aquellos proyectos de acceso que utilizan medios de transporte físicos para el envío de datos (Cable Coaxial, UTP, FTP o Fibra Óptica), en este caso estamos hablando de una tecnología de acceso guiado.

Como ejemplos de estos proyectos se tienen: Fibra Óptica (FTTx¹³), Redes HFC (Cable) y xDSL¹⁴.

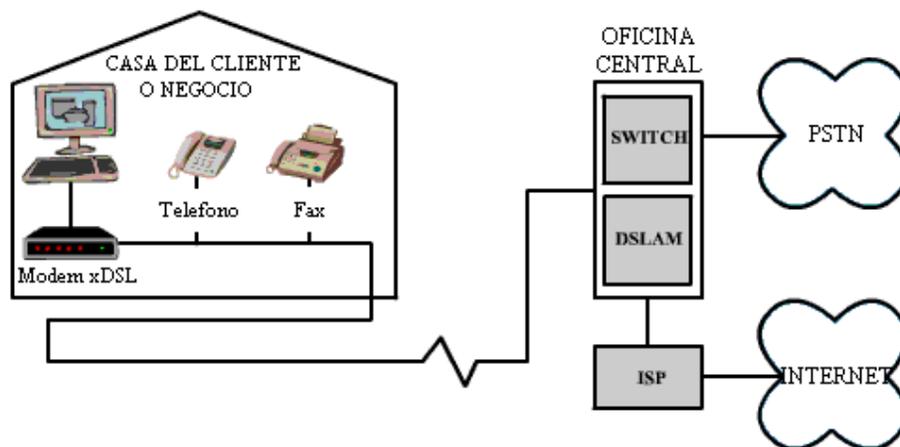


Figura 4. Red xDSL

2.1.3.2 Proyectos de Redes Inalámbricas

A diferencia de los anteriores, este tipo de proyectos emplea como medio el aire y la utilización de antenas para la transmisión de datos.

Una clasificación de las redes inalámbricas [31] entrega las siguientes 3 variantes:

¹³ Considera las siguientes tecnologías: *Fiber to the Home* (FTTH), *Fiber to the Curb* (FTTC) y *Fiber to the Building* (FTTB).

¹⁴ Algunas de las tecnologías que considera son: *Digital Subscriber Line* (DSL), *Symmetric Digital Subscriber Line* (SDSL), *Asymmetric Digital Subscriber Line* (ADSL), entre otras.

▪ **Redes Inalámbricas Personales:**

En este tipo de redes se pueden considerar por un lado, las típicas redes de intercambio mediante infrarrojos, pero que son limitadas debido a su corto alcance, baja velocidad y a la necesidad de que no existan obstáculos que entre los dispositivos. Por otro lado se tiene la comunicación vía Bluetooth que es un estándar utilizado entre dispositivos de uso personal y que como principales limitaciones presentan las incompatibilidades entre dispositivos de diferentes fabricantes.

▪ **Redes Inalámbricas 802.11:**

Este tipo de redes correspondientes a un estándar de protocolo de comunicación del IEEE definen la utilización de los niveles inferiores del modelo OSI (capa física y de enlace), y en la que existen 3 variantes principales:

1. 802.11a¹⁵
2. 802.11b¹⁶
3. 802.11g¹⁷



Figura 5: Red WLAN

¹⁵ Hasta 54 Mbps en el rango de 5 Ghz

¹⁶ Hasta 11 Mbps en el rango de 2,4 Ghz

¹⁷ Hasta 54 Mbps en el rango de 2,4 Ghz

▪ **Redes Inalámbricas de Consumo:**

Considera 2 tipos de redes, por un lado las redes CDMA (estándar de telefonía móvil estadounidense) y GSM (estándar de telefonía móvil europeo y asiático), que son los estándares que usa la telefonía móvil empleados alrededor de todo el mundo en sus diferentes variantes, existiendo actualmente redes móviles 3G como UMTS que son sucesoras de GSM.

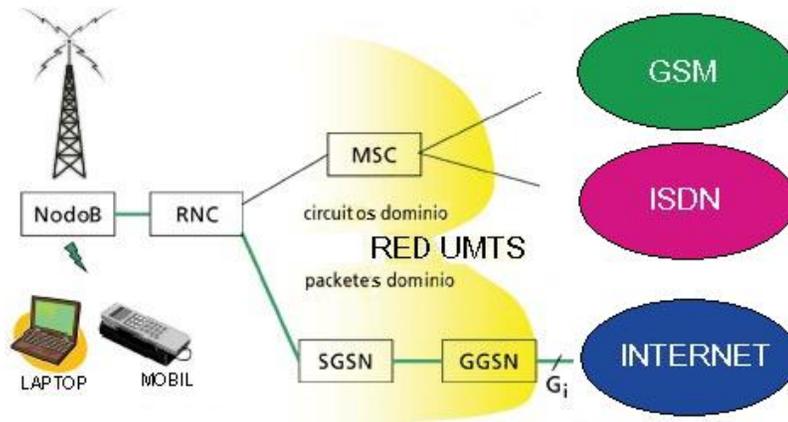


Figura 6: Red UMTS

Por otro lado están las redes 802.16 que pretenden complementar a las anteriores estableciendo redes inalámbricas metropolitanas (MAN) en la banda de entre los 2 y los 11 Ghz.

2.1.4 Servicios Avanzados de Telecomunicaciones (NGN)

Este tipo de redes a diferencia de la tradicional PSTN, red de telefonía pública conmutada, está enfocada hacia la tecnología de paquetes (IP) para el transporte de información. Entregan multiservicio capaz de manejar voz, datos y video, algo que las redes tradicionales no eran capaces de realizar [18].

Las redes NGN presentan el plano de control (señalización y control) separado del plano de transporte y conmutación/ruteo, con interfaces abiertos entre transporte, el control y las aplicaciones.

Este proceso de cambio ha permitido que las nuevas redes presenten cada vez más flexibilidad tanto para su construcción como para la oferta de servicios, así como reducciones importantes en los costos y simplificando también la operación y mantenimiento traduciéndose en una reducción en los costos OPEX.

Todo esto ha permitido que se puedan ofrecer servicios integrados bajo una misma red, y que van desde servicios de audio, video, TV, radio, Internet y telefonía (fija y móvil). Dentro de esta línea se tiene el IMS¹⁸ que forma parte del núcleo de la arquitectura de las nuevas redes NGN y que son capaces servicios multimedia fijos y móviles. Pretende servir para todo tipo de servicios, tanto actuales como futuros que se puedan prestar por Internet, permitiendo que los operadores e ISP puedan controlar y facturar cada uno de sus servicios.

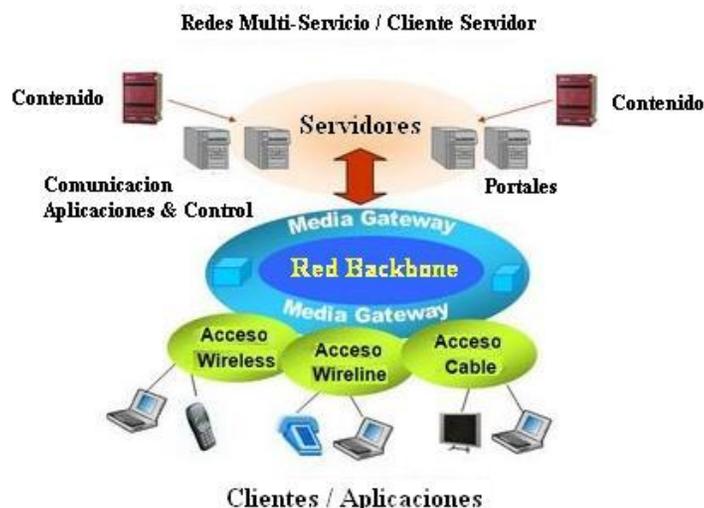


Figura 7. Arquitectura Red NGN

2.1.5 Proyectos de Servicios de Valor Agregado

Este tipo de proyectos están dirigidos a la prestación de servicios que pueden ser entregados por medio de la utilización de las redes actualmente disponibles¹⁹, y que no involucran necesariamente un gasto en infraestructura. Como ejemplo de estos proyectos se encuentran los proveedores de Internet (ISP), de voz sobre IP, TV sobre IP, etc.

2.2 Tipificador de Proyectos de Instalación en el Área de Telecomunicaciones

Este será el modelo utilizado para la clasificación de proyectos dentro de la solución diseñada y que permitirá tener un repositorio de proyectos realizados sobre los cuales poder

¹⁸ IP Multimedia Subsystem

¹⁹ Redes tanto físicas (de cableado) como redes inalámbricas.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

tomar como referencia para la planificación de futuros proyectos, y que por supuesto tendrán claras similitudes dependiendo de la tipificación a la que pertenezcan.

El modelo corresponde a la clasificación de proyectos de instalación en telecomunicaciones para poder identificar proyectos que se puedan estandarizar²⁰, con la finalidad de poder realizar un análisis profundo en estas actividades.

Para lo anterior fue necesario determinar los criterios relevantes de este tipo de proyectos, para lo cual se recopiló información de proyectos reales, informes, libros técnicos, trabajos de memoria, etc., y que permitió identificar y especificar clases o familias de proyectos, todo esto fue realizado por el ingeniero eléctrico Ariel Muñoz T. en su trabajo de título [29].

Se utilizó la metodología del PMI como base para la construcción del tipificador, junto con información de una serie de proyectos de instalación.

El resultado de esto fue la creación de un modelo para poder clasificar un proyecto de acuerdo a criterios y parámetros comunes, mediante la utilización de ciertas herramientas como: diccionario de actividad, diagramas de flujo de procesos, metodología PMI, áreas de conocimiento, entre otros.

Dentro de los parámetros que pueden definir a un proyecto están: la inversión, los tiempos, la complejidad, la innovación, la tecnología, etc.

En particular se tomó los proyectos de instalación en telecomunicaciones por la relevancia y necesidad de entregar guías o patrones para disminuir la tendencia de atraso y cancelación de dichos proyectos.



Figura 8: Proyectos de Instalación en Telecomunicaciones

²⁰ La estandarización es posible cuando los proyectos cumplen con características típicas, como costos no muy altos o bajos, no excesiva complejidad ni cantidad de recursos asignados, etc.

2.2.1 Familias de Proyectos

Considerando el estudio y trabajo realizado, fue propuesta la clasificación de proyectos por intermedio de la identificación de familias de acuerdo a características como: Magnitud (si son proyectos simples o más complejos a nivel de gestión), Naturaleza (dadas las diferencias existentes en las metodologías para el desarrollo de proyectos que parten desde 0, proyectos de mejoramiento o de ampliación) y Tipo de Servicio (de acuerdo al modelo de jerarquización de redes y/o servicio al que se enfoca el proyecto).

2.2.1.1 Tipificación I: Magnitud

Tomando como base las metodologías de manejo de proyectos del PMI se definió esta primera tipificación, que dependiendo del nivel de complejidad, tamaño, costos, entre otros criterios, se definirán 3 tipos de proyectos:

- **Proyectos Pequeños o Simples**

Se caracterizan por tener un costo no superior a US\$ 1M, una duración no superior a los 2 años, presentan baja complejidad, una metodología simple y generalmente existe un solo participante.

- **Proyectos Estándar**

Poseen costos en el rango de US\$ 1M a US\$ 2M., con duraciones desde un par de meses hasta 2 años plazo, tienen un cierto grado de complejidad y comúnmente existen entre 2 y 5 participantes.

- **Proyectos Grandes o Singulares**

Tienen costos superiores a los US\$ 2M, con duraciones desde 2 a 4 años plazo, son los que presentan la mayor complejidad tanto de gestión como de tecnología, y pueden existir más de 5 participantes.

2.2.1.2 Tipificación II: Naturaleza

Esta tipificación considera el tipo de naturaleza del proyecto en cuestión y que depende de si se trata de un proyecto que parte desde cero, un proyecto al que se le deba extender su capacidad (infraestructura, equipos, etc.), o un proyecto de mejoramiento de la infraestructura, tecnología existente, etc.

- **Proyectos de Apertura y Construcción**

Se caracterizan por ser creados de cero, razón por la cual no disponen en su inicio de recursos ni de infraestructura. Buscan dotar de un sistema de telecomunicaciones a una demanda desprovista totalmente de este servicio.

Algunos de los criterios que los definen son: planificación, obras físicas de infraestructura, obras de tipo administrativo, entre otros.

- **Proyectos de Mejoramiento**

Tiene como característica aumentar la eficiencia sobre algún parámetro del modelo (tráfico, costos, calidad de servicio, demanda), buscando mejorar la calidad del servicio y/o disminuir las pérdidas físicas y comerciales. Para lograr lo anterior deben realizar variadas acciones, algunas de las cuales implican obras físicas de infraestructura y otras de tipo administrativo.

Los proyectos más típicos de este tipo son: upgrades de software, migraciones, etc.

- **Proyectos de Ampliación**

En este tipo de proyectos se aumentan las prestaciones de servicios debido a una extensión o ampliación de la infraestructura, equipos y cableados existentes, buscando un incremento de la oferta máxima del sistema de telecomunicaciones para hacer frente al crecimiento de la demanda, para lo cual se debe invertir en proyectos de distribución, dependiendo de donde se ubique el cuello de botella del sistema.

Los proyectos más típicos de este tipo son: construcción de redes de distribución y conexiones domiciliarias.

2.2.1.3 Tipificación III: Tipo de Servicio

Por último se identificaron los proyectos estandarizables según el modelo de jerarquización de redes y/o negocio (servicio) [29], que se ven a continuación:

- **Proyectos de Core**

Algunos ejemplos son: Backbone ATM, IP, IP/MPLS.

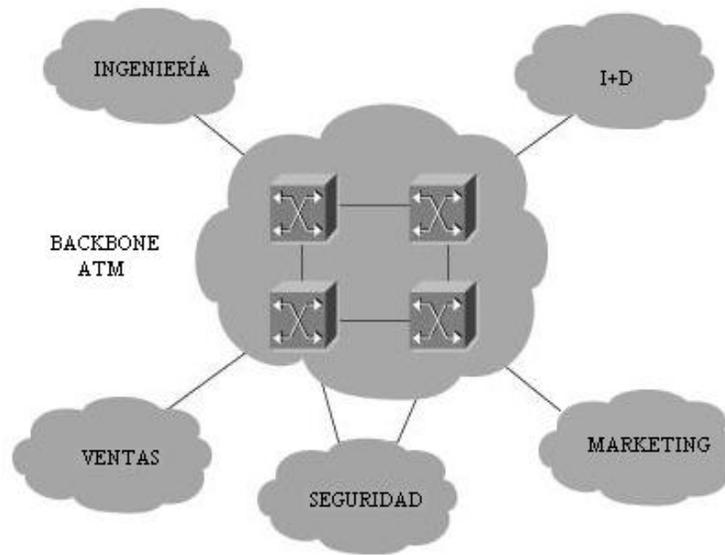


Figura 9. Red Backbone ATM

- **Proyectos de Distribución**

Algunos ejemplos son: Implementación de Nodos, Planta Externa, Redes MMOO.

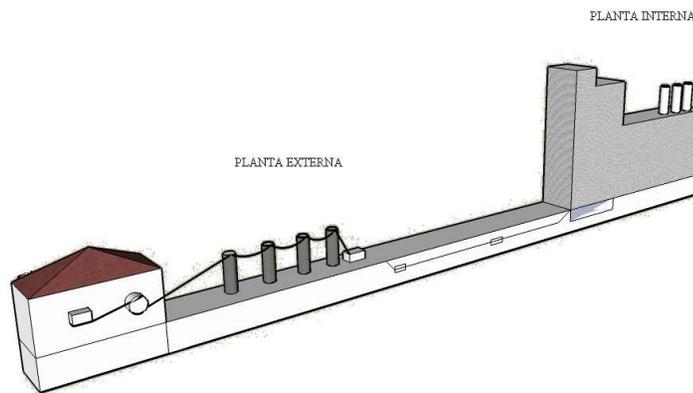


Figura 10. Planta Externa

- **Proyectos de Acceso**

Según el medio físico algunos ejemplos son:

Cableado: xDSL, FTTx, HFC.

Inalámbricos: accesos WLAN, redes móviles.

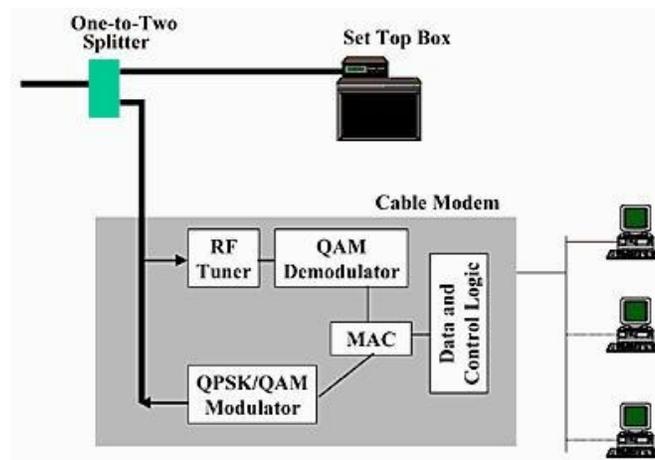


Figura 11: Proyecto HFC

- **Proyectos NGN**

Algunos ejemplos son: IMS, IPTV, ToIP, etc.

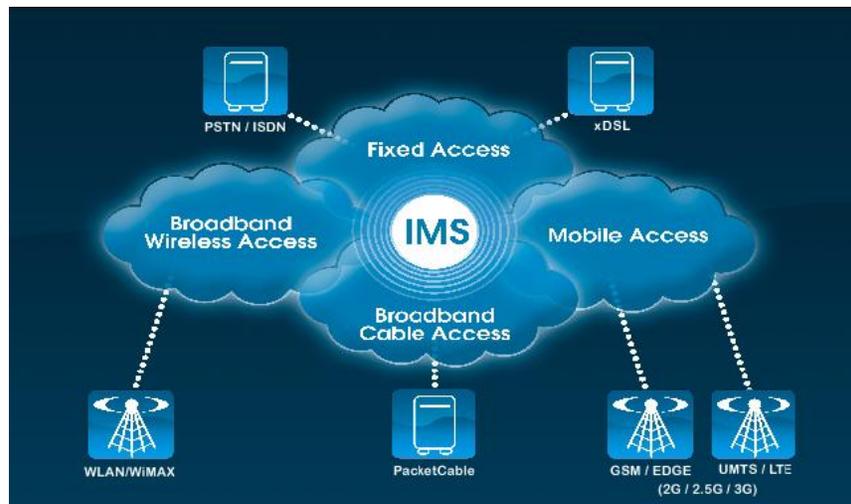


Figura 12: Arquitectura IMS

- **Proyectos de Plataformas de Servicios de Valor Agregado**

Algunos ejemplos son: Plataforma de E-learning, Proveedor de Servicios de Internet (ISP).

- **Proyectos de Infraestructura**

Algunos ejemplos son: proyectos de infraestructura común de Telecomunicaciones (ICT), planta externa, etc.

2.2.2 Criterios de Tipificación

El modelo antes mencionado define 4 tipos de criterios de decisión: Estratégicos (13)²¹, Tácticos (7), Operacionales (7) y de Ejecución (3), que se describen a continuación:

- **Estratégicos**

Se definen como aquellos que determinan las capacidades del sistema y la secuencia de actividades a llevar a cabo durante el proyecto. Por ejemplo: Cobertura, Tamaño, Alcance, etc.

- **Tácticos**

Se definen como aquellos que determinan las modificaciones o requerimientos proyectados en infraestructura una vez que se ha completado el proyecto. Por ejemplo: Escalabilidad, Integración, Precios, etc.

- **Operacionales**

Se definen como aquellos que determinan las funciones o recursos solicitados por el sistema para su correcto funcionamiento. Por ejemplo: Interoperabilidad, Administrabilidad, Confiabilidad, etc.

- **Ejecución**

Se definen como aquellos que determinan los recursos o funciones necesarios para la correcta ejecución del proyecto. Por ejemplo: Normativas y Restricciones, Infraestructura y Cantidad de Recursos.

El detalle considerando los criterios asociados a cada familia y por consiguiente a cada tipificación se muestra en las siguientes tablas:

²¹ Constituye la cantidad de criterios asociados a cada tipo de criterio de decisión.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

	MAGNITUD	CRITERIOS
Magnitud	Pequeños	Alcance
		Complejidad
		Costos
	Estandarizables	Innovación
		Nivel Tecnológico
	Singulares	Plazos del Proyecto
		Tamaño

Tabla 1: Característica Magnitud

	NATURALEZA	CRITERIOS
Naturaleza	Apertura y Construcción	Plazos del Proyecto
		Costos-CAPEX
		Infraestructura
		Normativas y Restricciones
		Alcance
		Cantidad de Recursos Requeridos
	Mejoramiento	Integración
		Interoperabilidad
		Migración
		Calidad de Servicio
		Seguridad
		Disponibilidad
	Ampliación	Escalabilidad
		Cobertura
		Cantidad de Recursos Requeridos
Infraestructura		
Alcance		

Tabla 2: Característica Naturaleza

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

	TIPO DE SERVICIO	CRITERIOS
Tipo de Servicio	Core	Disponibilidad Ancho de Banda Seguridad Alcance Calidad de Servicio Integración Nivel Tecnológico Interoperabilidad Complejidad Innovación
	Distribución	Infraestructura Disponibilidad Medio Ambiente Normativas y Restricciones Costos Capex
	Acceso Cableado	Costos-CAPEX Legalizaciones de Obras Infraestructura Plazos
	Redes Inalámbricas	Ancho de Banda Disponibilidad de Servicio Nivel Tecnológico Innovación Legalizaciones de Obras Seguridad y Control Calidad de Servicio Medio Ambiente Costos Opex Estructura de Precios
	NGN	Flexibilidad Complejidad Innovación Conocimiento de la Tecnología Integración Nivel Tecnológico Alcance Migración Interoperabilidad Ancho de Banda Servicios
	Servicios de Valor Agregado	Costos Opex Nivel Tecnológico Innovación Complejidad Conocimiento de la Tecnología Ancho de Banda Servicios Medio Ambiente Integración Estructura de Precios

Tabla 3. Característica Tipo de Servicio

2.3 Metodología PMI en la Gestión de Proyectos

Para la elaboración de la solución y rediseño de los procesos de gestión de proyectos de instalación en el área de las telecomunicaciones se utilizarán metodologías y estándares definidos y ampliamente utilizados para el manejo de proyectos, y que permitan definir la forma y el fondo de una gestión óptima. Una de ellas es la metodología del PMI²² [33].

2.3.1 *Project Management* (Dirección de Proyectos)

Se considerarán los conceptos definidos por el Instituto de Manejo de Proyectos PMI, que es el organismo pionero en el desarrollo de la moderna concepción del “Manejo de Proyectos” o “*Project Management*”, cuya acción está apoyada en una teoría de carácter sistémico, sistemático y consolidado, llamado a orientar el manejo de las variadas tareas requeridas para la exitosa conducción de un proyecto. Dentro de los marcos de referencia considerados están el grupo de procesos de la dirección de proyectos y las áreas de conocimiento, que son descritas en detalle en el PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) [36].

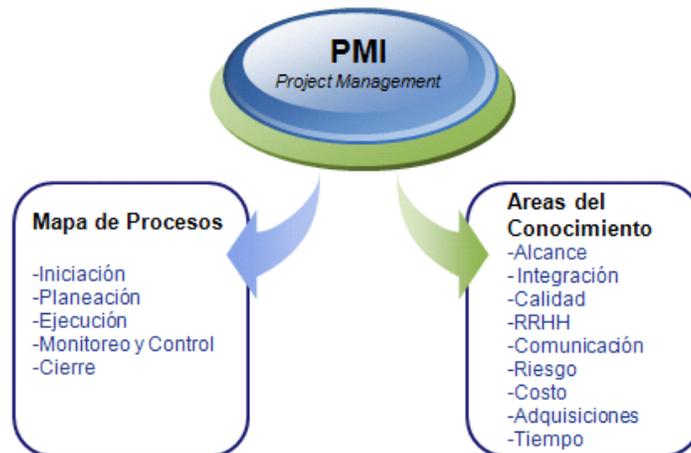


Figura 13: Progresos Metodológicos

2.3.2 Progresos Metodológicos del *Project Management*

Considera por un lado al grupo de procesos de la dirección de proyectos y las 9 áreas de conocimiento definidas por el PMI como se puede ver en la figura 13, a continuación se detallan ambos casos:

²² El Instituto de Manejo de Proyectos recoge las mejores prácticas de una cantidad de organizaciones que actualmente alcanza las 260.00 organizaciones en más de 171 países.

2.3.2.1 Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos

1. **Inicio:** Esta etapa la forman procesos que ayudan a facilitar la autorización formal para poder iniciar un nuevo proyecto o una fase del mismo. Los procesos de iniciación, por lo general, se realizan fuera del ámbito de control del proyecto por la organización o por los procesos del programa o del portafolio.
2. **Planeación:** En esta etapa se planifican las tareas o actividades a realizar para el desarrollo del proyecto. Los procesos de planificación están encargados del desarrollo del plan de gestión del proyecto, y también identifican, definen y maduran el alcance, el costo y planifican las actividades del proyecto que se realizan dentro del proyecto.
3. **Ejecución:** Esta etapa está formada por los procesos utilizados para completar el trabajo definido en el plan de gestión del proyecto a fin de cumplir con los requisitos del proyecto. Esta etapa implica coordinar personas y recursos, así como integrar y realizar las actividades del proyecto, y abordar el alcance definido en el enunciado del alcance del proyecto e implementar los cambios aprobados.
4. **Control y Monitoreo:** Esta etapa está compuesta de aquellos procesos realizados para observar la ejecución del proyecto de forma que se puedan identificar los posibles problemas oportunamente y adoptar las acciones correctivas, cuando sea necesario, para controlar la ejecución del proyecto. La etapa de control y monitoreo se integra y está presente durante todo el proyecto.
5. **Cierre:** Finalmente es la etapa que incluye los procesos utilizados para finalizar formalmente todas las actividades de un proyecto o de una fase de un proyecto, entregar el producto terminado a terceros o cerrar un proyecto cancelado. Este grupo de procesos, una vez completado, verifica que los procesos definidos se completan dentro de todos los grupos de procesos para cerrar el proyecto o una fase del proyecto, según corresponda, y establece formalmente que se ha finalizado un proyecto o fase del proyecto.

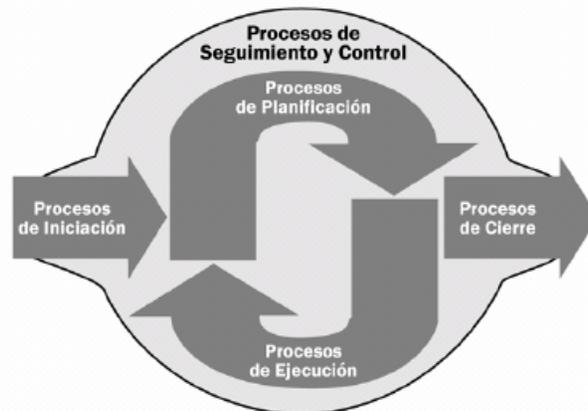


Figura 14: Mapa de Procesos del PMI

2.3.2.2 Áreas de Conocimiento

Las áreas del conocimiento de la metodología PMI están integradas por 8 conjuntos de habilidades que representan las experiencias en el desarrollo de proyectos. Además de los 8 conjuntos de habilidades, se adiciona un noveno conjunto denominado integración, con lo cual se completa el mapa del conocimiento proporcionando una metodología bastante amplia en los aspectos a optimizar en un proyecto.

El listado de las áreas de conocimiento se puede ver a continuación:

- Gestión del Tiempo
- Gestión de los Costos y Recursos
- Gestión de la Calidad
- Gestión de las Comunicaciones
- Gestión de los Riesgos
- Gestión de las Adquisiciones
- Gestión del Alcance
- Gestión de la Integración

2.4 Integración de Modelos para la Mejora de Procesos CMMI

Junto a las metodologías del PMI se utilizará también el estándar denominado “Capability Maturity Model Integration” el cual fue desarrollado inicialmente por el departamento de defensa de los estados unidos debido a lo muchos problemas que tenía con el software que encargaba desarrollar a otras empresas, donde los presupuestos se disparaban y los plazos se extendían constantemente.

Este estándar servirá de apoyo a las metodologías utilizadas del PMI, siendo ambas muy compatibles, existiendo experiencias anteriores de su uso conjunto, y ayudando a establecer una base sólida para el correcto manejo de proyectos y la utilización de buenas prácticas.

Cabe señalar que el CMMI es precisamente la integración de varios modelos entre los que se cuentan: CMMI-SW, dedicada al software; CMMI-SE, para ingeniería de sistemas; CMMI-SE/SW/IPPD, para el desarrollo de productos y que será el considerado para este caso; y CMMI-SE/SW/IPPD/SS para la gestión de proveedores. [42]

2.4.1 Niveles de Madurez y Capacidad

El modelo de evolución de la capacidad de gestión de procesos, CMMI es un modelo de organización que describe 5 etapas evolutivas (niveles) en las cuales los procesos en una organización se administran.

El pensamiento detrás del modelo CMM, fue pensado originalmente para el desarrollo de software, y sostiene que una organización debe ser capaz de absorber y llevar a cabo sus aplicaciones de software. El modelo también proporciona los pasos y las actividades específicas que ayudan a una organización a pasar de un nivel al siguiente.

Las 5 etapas del modelo de evolución de la capacidad de la organización se pueden ver en la figura siguiente:

Nivel de Madurez	Área de Procesos	1	2	3	4	5
Optimizado	Innovación Organizacional	5				
	Despliegue del análisis causal y resolutivo					
Cuantitativamente Gestionado	Funcionamiento de los procesos en la Organización	4				
	Manejo Cuantitativo de Proyectos					
Definido	Desarrollo de Requerimientos Soluciones Técnicas Integración de Productos Verificación Validación Manejo Integral de Proyectos +IPPD Manejo de Riesgo	3				
	Manejo de Requerimientos Planificación de Proyectos Seguimiento y Control de Proyectos Manejo de Proveedores Calidad de Productos y Procesos					
Repetible		2				
Inicial						

Figura 15. Etapas de Evolución del CMMI.

La explicación más en detalle de cada uno de los niveles de madurez se puede ver aquí:

1. **Inicial o Nivel 1 CMM – CMMI:** Este es el nivel en donde están todas las empresas que no tienen procesos. Los presupuestos se disparan, no es posible entregar el proyecto en las fechas definidas, los encargados deben quedarse durante noches y fines de semana para terminar un proyecto. No hay control sobre el estado del proyecto y el desarrollo del proyecto es completamente desestructurado.
2. **Repetible o Nivel 2 CMM – CMMI:** Quiere decir que el éxito de los resultados obtenidos se pueden repetir. La principal diferencia entre este nivel y el anterior es que el proyecto es gestionado y controlado durante el desarrollo del mismo. El desarrollo no es opaco y se puede saber el estado del proyecto en todo momento.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Los procesos que hay que implantar para alcanzar este nivel son:

- Gestión de requisitos
- Planificación de proyectos
- Seguimiento y Control de proyectos
- Gestión de proveedores

3. **Definido o Nivel 3 CMM – CMMI:** Alcanzar este nivel significa que la forma de desarrollar proyectos (gestión e ingeniería) está definida. Por definida quiere decir que está establecida, documentada y que existen métricas (obtención de datos objetivos) para la consecución de objetivos concretos.

Los procesos que hay que implantar para alcanzar este nivel son:

- Desarrollo de requisitos
- Integración del producto
- Verificación
- Validación
- Desarrollo y mejora de los procesos de la organización
- Definición de los procesos de la organización
- Gestión de riesgos
- Análisis y resolución de toma de decisiones

La mayoría de las empresas que llegan al nivel 3 paran aquí, ya que es un nivel que proporciona muchos beneficios y no ven la necesidad de ir más allá porque tienen cubiertas la mayoría de sus necesidades.

4. **Cuantitativamente Gestionado o Nivel 4 CMM – CMMI:** Los proyectos usan objetivos de fácil medición para alcanzar las necesidades de los clientes y la organización. Se usan métricas para gestionar la organización.

Los procesos que hay que implantar para alcanzar este nivel son:

- Gestión cuantitativa de proyectos
- Mejora de los procesos de la organización

5. **Optimizado o Nivel 5 CMM – CMMI:** Los procesos de los proyectos y de la organización están orientados a la mejora de las actividades. Mejoras incrementales e innovadoras de los procesos que mediante métricas son identificadas, evaluadas y puestas en práctica.

Los procesos que hay que implantar para alcanzar este nivel son:

- Innovación organizacional
- Análisis y resolución de las causas

2.4.2 Gestión de Proyectos

Para el caso de la gestión de proyectos, se propone seguir las siguientes estructuras, y que están precisamente alineadas con los niveles de madurez antes mencionados.

La primera estructura corresponde a las áreas de proceso en las cuales se realizará un manejo básico de proyectos, y que comprende el monitoreo y control de proyectos (PMC), la planificación de proyectos (PP) y el manejo de proveedores (SAM). Junto con esto se considera también la interacción de estos procesos con las áreas de ingeniería y soporte que llevarán a cabo los productos y servicios, así como los proveedores que entregaran los materiales necesarios.

Un esquema de las áreas de proceso antes mencionadas es el siguiente:

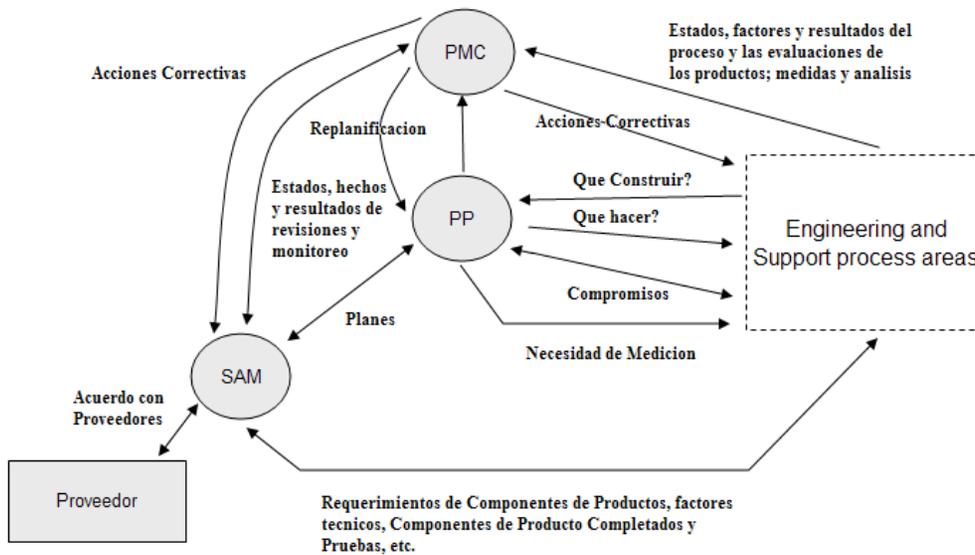


Figura 16: Áreas de Proceso para el Manejo Básico de Proyectos

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

La segunda estructura corresponde a las áreas de proceso en las cuales se realizará un manejo avanzado de proyectos, y que comprende la gestión cuantitativa de proyectos (QPM), la gestión del riesgo (RSKM) y la gestión integral de proyectos (IPM + IPPD). Por supuesto se considera también la interacción de estos procesos con las áreas de procesos del manejo básico de proyectos así como con las áreas de ingeniería y soporte que llevarán a cabo los productos y servicios, y las áreas de manejo de procesos.

El esquema de las áreas de proceso antes mencionadas es:

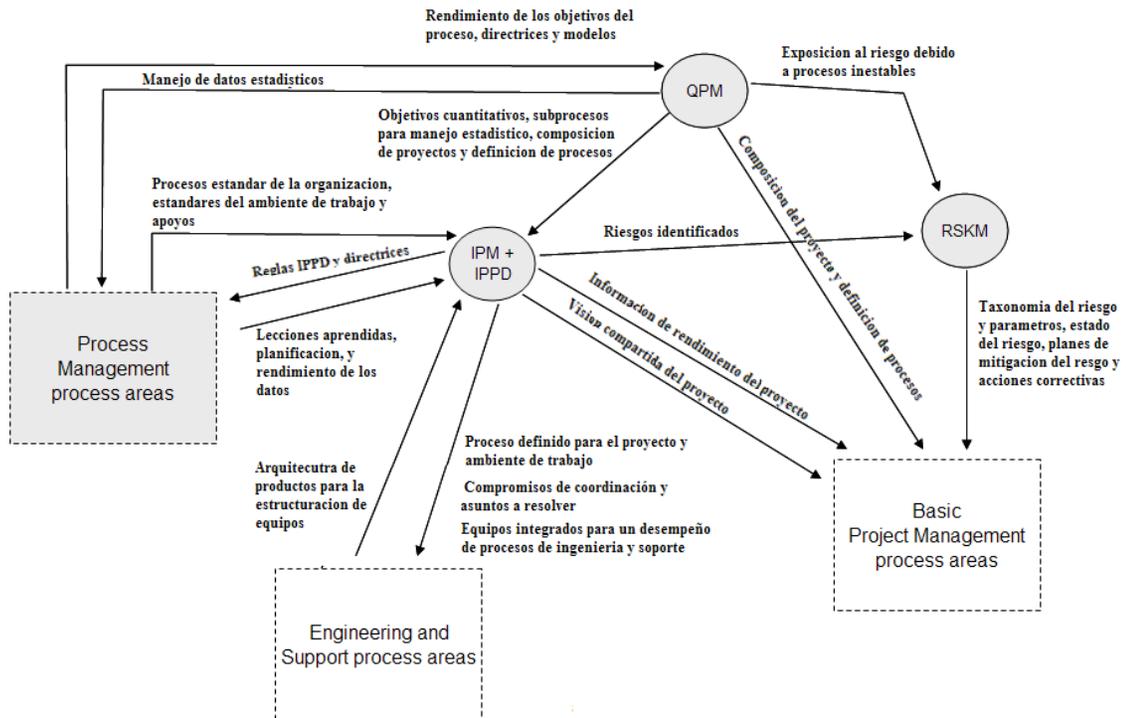


Figura 17: Áreas de Proceso para el Manejo Avanzado de Proyectos

2.5 Teoría de Macroprocesos

Considerando que se desea diseñar y desarrollar una solución que permita apoyar la forma en la que se planifican e implementan los proyectos de instalación en el área de telecomunicaciones, es que será necesario tener una visión amplia de cómo se llevan a cabo los proyectos dentro de una empresa de telecomunicaciones. Lo anterior por supuesto puede depender de cada empresa, y más aún si se consideran empresas de diferentes áreas de la ingeniería.

Es por esto que fue necesario buscar una forma común que estableciera definiciones y estructuras acerca de cómo funciona, o debería funcionar óptimamente, una empresa, en particular del área de ingeniería y más específicamente de telecomunicaciones.

De esta forma se encontraron diversas iniciativas para la estandarización de procesos de negocios como SCOR (*Supply-Chain Operations Reference*), eTOM²³ (*enhanced Telecom Operations Map*), FEA (*Federal Enterprise Architecture*) y PPN (Patrones de Procesos de Negocios), que consideran la definición de modelos genéricos de procesos de negocios y que permiten a una empresa hacer un rediseño utilizando la experiencia de otros y que está incorporada en dichos modelos, sintetizando el conocimiento empírico y la experiencia acerca de procesos de negocios en estructuras que no tienen una formalización que describa sus fundamentos.

Luego de considerar las iniciativas antes mencionadas, se optó por utilizar una propuesta basada en PPN y desarrollada por el director del Magíster de Ingeniería de Negocios con TI del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile, el Dr. Oscar Barros V., que considera la elaboración de una arquitectura y el diseño de procesos de negocios como un modelo genérico reutilizable [9] [10].

Este conjunto de patrones que siguen el enfoque de procesos BPM, Manejo de Procesos de Negocios, está dirigido a explicitar la “Arquitectura Empresa” o “*Enterprise Architecture*” por medio de los elementos que la componen definidos como clases de especialización, dentro de los cuales aparece la Arquitectura de Macroprocesos, que es lo que se utilizará finalmente para el diseño de la solución propuesta.

2.5.1 Definición de Macroprocesos

Como parte de esta arquitectura, diseñada en base a la observación y experiencia de muchas empresas, es posible determinar que en una empresa existen procesos de negocio bien definidos y diseñados que ejecutan las actividades de una organización. Estos pueden ser clasificados o tipificados en 4 grupos o macroprocesos, y que es donde se encuentran todos los procesos ejecutados por una empresa, y que se describen a continuación:

²³ Es un marco referencial de procesos para la industria de telecomunicaciones desarrollado por empresas tan importantes como: AT&T, British Telecom, Hewlett-Packard, entre otras.

- **Macroproceso 1 (Macro 1)**

Corresponde al conjunto de procesos que ejecutan la producción de los bienes y/o servicios de la empresa, y que considera desde la interacción con el cliente para generar los requerimientos hasta que hayan sido satisfechos exitosamente. También llamado Cadena de Valor²⁴, posee ciertas diferencias con la definida por Porter, que incluye otros procesos dentro de la cadena, pero que en este caso son incorporados en otros macroprocesos.

- **Macroproceso 2 (Macro 2)**

Corresponde al conjunto de procesos que desarrollan las nuevas capacidades requeridas por la empresa para ser competitiva. Dentro de esto se incluye a los nuevos productos y servicios, los modelos de negocios que una empresa requiere para ser vigente, la infraestructura necesaria para producir y operar los productos y los nuevos procesos de negocios que aseguren efectividad operacional y creación de valor para los clientes.

- **Macroproceso 3 (Macro 3)**

Corresponde a la planificación del negocio y comprende todos aquellos procesos necesarios para que definir el curso futuro de la organización en la forma de estrategias materializadas en planes y programas.

- **Macroproceso 4 (Macro 4)**

Este último macroproceso considera todos aquellos procesos de apoyo que se encargan de manejar los recursos necesarios para que los procesos anteriormente definidos funcionen. Existen 4 tipos de Macro 4 y que manejan: recursos financieros, recursos humanos, infraestructura y materiales.

En la figura 18 se puede ver la Arquitectura de Macroprocesos en mayor detalle.

²⁴ La cadena de valor descrita por Michael Porter define una categoría para las actividades que producen valor añadido en una organización, y que se dividen en actividades primarias y secundarias.

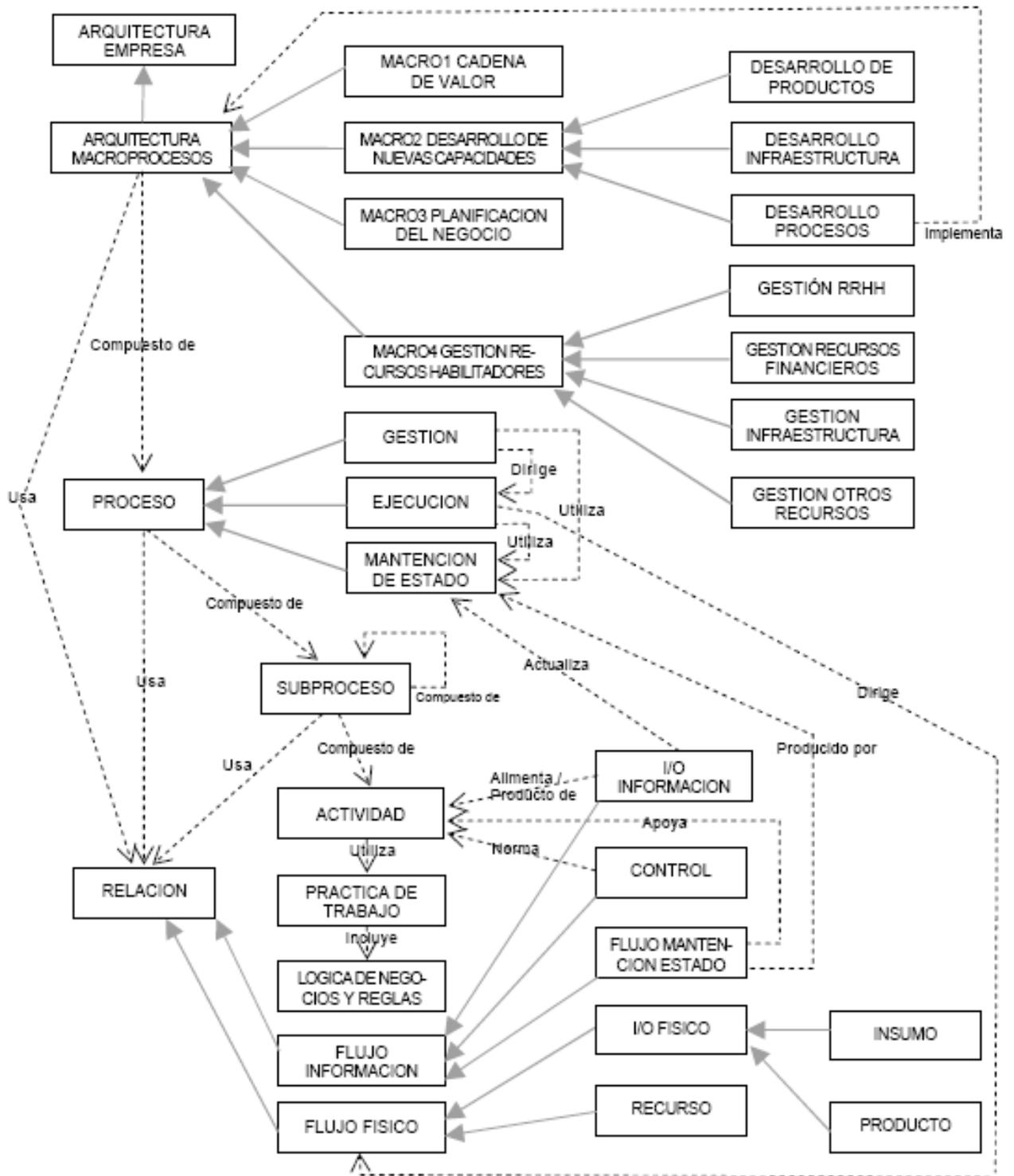


Figura 18: Detalle Arquitectura Macroprocesos [10].

2.5.2 Arquitecturas

Como se mencionó en el punto anterior, un macroproceso es un conjunto de procesos interrelacionados que generan un resultado definido dentro del funcionamiento de una empresa. Internamente la estructura de estos es similar, considerando que presentan cada uno de los siguientes tipos de procesos:

- **Ejecución:** Está formado por un conjunto de subprocesos y actividades que transforman ciertos insumos y recursos en un “producto” y que puede ser considerado como un producto físico o como un servicio entregado a un cliente final o a un cliente interno.
- **Gestión:** Está formado por un conjunto de subprocesos y actividades que a partir de requerimientos de clientes, dirigen el proceso de Ejecución de forma tal que permiten establecer objetivos, el desarrollo de planes, la asignación de recursos, la programación de actividades y el seguimiento y control de recursos.
- **Mantenimiento de Estado:** Está formado por un conjunto de subprocesos y actividades que se alimentan de flujos de información establecidos por los procesos de Ejecución y Gestión, retroalimentándoles información actualizada de estado de manera que se genera un ciclo que permite que cada actividad conozca la situación del macroproceso en todo momento.

Lo anteriormente mencionado se puede ver representado en un diagrama de actividades, ver figura 19, que modela las relaciones definidas en base a los flujos físicos y de información, esto utilizando la notación IDEF0 que fue elegida por ser un método de diagramación de procesos que permite establecer con precisión los diferentes elementos del modelo y darle el sentido que pretende el proceso, y que puede ser realizado también con métodos como BPMN (*Business Process Modeling Notation*), que será utilizado principalmente como notación para la elaboración de flujos de trabajo o *workflows*.

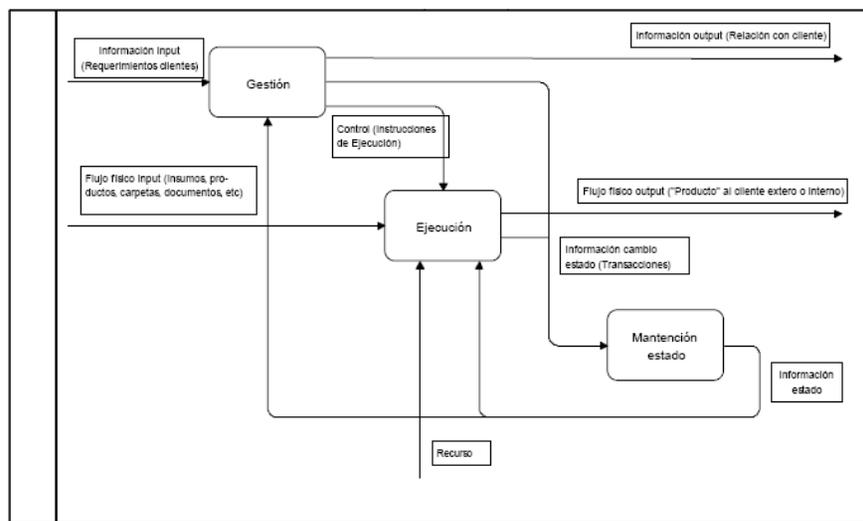


Figura 19. Diagrama de flujo entre procesos tipo [10].

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Como se puede ver en la figura 19 los procesos utilizan una relación para coordinarse entre ellos, la cual puede ser tanto un flujo de información como un flujo físico.

Un flujo de información puede ser de 3 tipos: de información I/O, de control o de mantención de estado:

- **El Flujo de Información I/O:** contiene la información *input / output* que requieren los macroprocesos, procesos, subprocesos y actividades para poder funcionar, siguiendo las prácticas, lógica de negocio y las reglas.
- **El Flujo de Control:** está encargado de normar, dirigir o restringir el comportamiento de una actividad.
- **El Flujo de Mantención de Estado:** permite actualizar la situación del proceso dentro de Mantención de Estado con información entregada de las actividades de Ejecución o Gestión, o la retroalimentación desde Mantención a éstos últimos.

Por otro lado un flujo físico corresponde tanto a un *input* como a un *output* de Ejecución, como por ejemplo los insumos o los productos respectivamente. Puede ser también un recurso, definido por IDEF0 como cualquier elemento relevante requerido para la ejecución de un proceso y que no se insume. Por ejemplo: maquinaria o un sistema para realizar una actividad de gestión, etc.

Finalmente, y para mostrar las relaciones entre los macroprocesos que no aparecen en la figura 18, se detallará un diagrama de flujo general, utilizando la convención IDEF0 modelada en base a lo ofrecido por el lenguaje BPMN, que se puede ver en la figura 20:

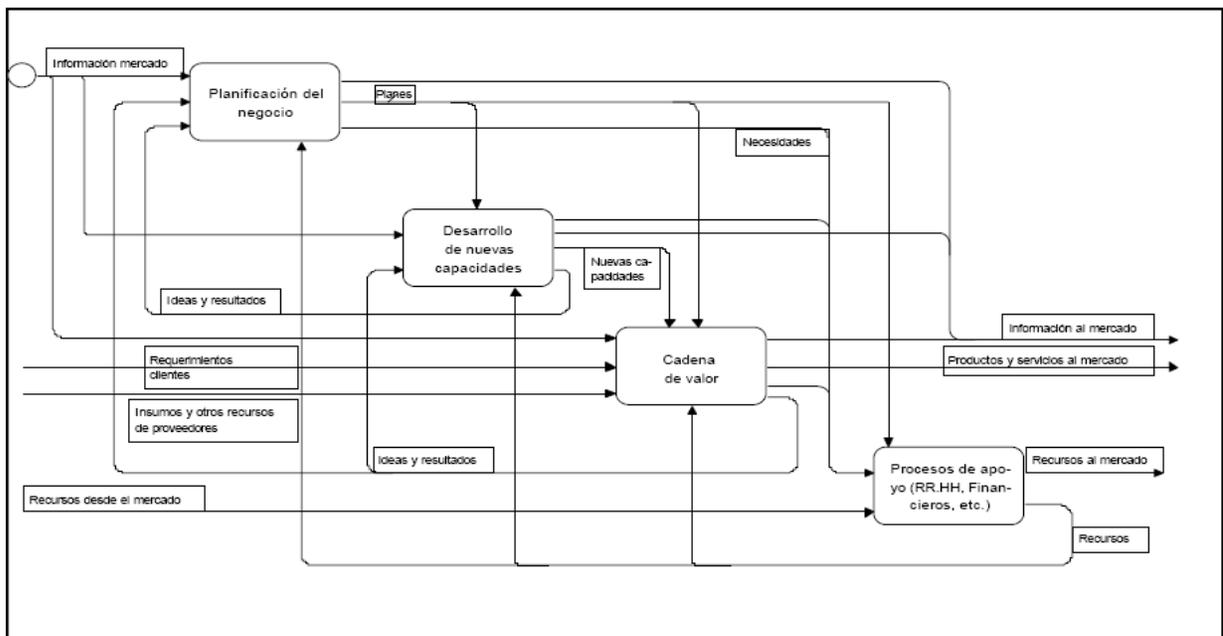


Figura 20: Arquitectura de Macroprocesos [10].

Capítulo 3

Metodología

3.1 Metodología para el Diseño e Implementación de la Solución

En esta sección se definen los lineamientos principales respecto a como se utilizarán los conceptos y teorías de procesos, proyectos y manejo de proyectos para la estructuración de una solución que permita planificar uno o varios Proyectos de Instalación de Telecomunicaciones tomando en consideración todos los posibles factores que pueden llegar a incidir en dichos proyectos, de manera de tenerlos claramente identificados y poder anticiparse a posibles errores o situaciones de riesgo para el o los proyectos. Junto con esto se debe considerar la formulación de una solución que sumado al proceso de planificación entregue una asignación de recursos de manera óptima, tomando en cuenta todos los proyectos en ejecución y con la flexibilidad necesaria para efectuar modificaciones en caso de aparecer posibles eventualidades que requieran asignaciones particulares. Por último se definirán los criterios de diseño para estructurar en forma general los procesos y flujos de trabajo relacionados con la ejecución y el control de Proyectos de Instalación de Telecomunicaciones y que dependen de los actores involucrados en el proyecto.

La metodología de trabajo a seguir queda graficado en la figura siguiente:

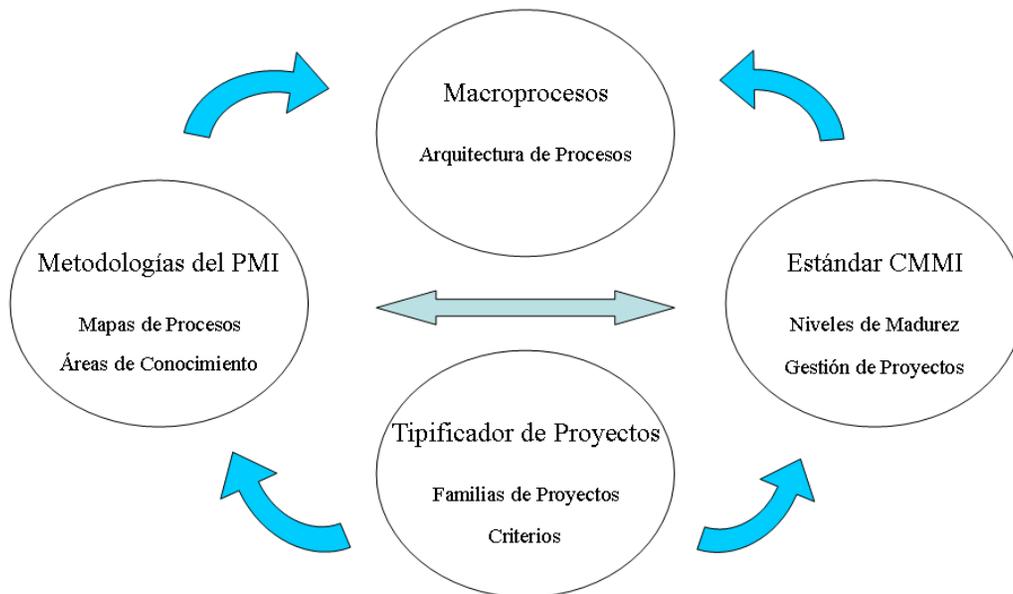


Figura 21: Metodología

3.1.1 Elementos de Diseño

Para comenzar el diseño de la solución se consideran los elementos más relevantes de la metodología del PMI y el estándar del CMMI para el manejo de proyectos, y se analizará cuales de estos elementos deben estar presentes en la solución propuesta de manera que sean un aporte efectivo. En particular se utilizan, dentro del grupo de procesos de la dirección de proyectos del PMI, los siguientes grupos: planificación, ejecución y control y monitoreo. Estos procesos son coincidentes con los que plantea el CMMI en sus áreas de proceso para el manejo básico de proyectos y de los cuales serán considerados: la planificación de proyectos (PP) y el monitoreo y control de proyectos (PMC).

Dentro del conjunto de las 9 áreas de conocimiento definidas por el PMI, se consideran solo algunas como las más relevantes para el diseño, marcadas en azul en la figura, donde los procesos que se considerarán para el manejo de la herramienta de gestión serán: gestión de alcance, gestión del tiempo, gestión de costos y recursos y gestión de calidad.

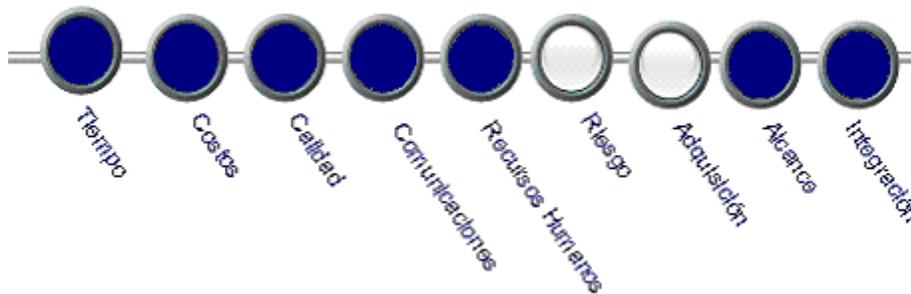


Figura 22. Áreas de Conocimiento del PMI a Considerar.

Como se explicará más adelante el proceso de gestión de calidad estará relacionado con las políticas desarrolladas y los objetivos planteados en cuanto a la consecución de estos una vez terminado el proyecto, razón por la cual aparecerá en la mayoría de los procesos considerados.

Como un apoyo al proceso de planificación de proyectos, es que es utilizado el Modelo Tipificador de Proyectos de Instalación de Telecomunicaciones de manera tal que permita la construcción de una base de conocimiento de este tipo de proyectos, permitiendo utilizar dicha información al momento de planificar un nuevo proyecto o también durante el proceso de ejecución, ya que se entregará información de problemas y fallas producidos durante el desarrollo de las tareas que conforman a él o los proyectos y por supuesto de las soluciones encontradas. Esta información es incorporada por los propios involucrados en el desarrollo de dichas tareas de forma que pueda ser utilizada por ellos mismos en el futuro o por nuevos actores encargados de estas tareas.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Se consideran sólo algunos de los criterios definidos en el modelo, particularmente aquellos más relevantes y que entreguen una cierta objetividad que permita asociarles un valor numérico que luego diferencie a cada uno de los proyectos que los posean dentro de las familias de proyectos definidas, por ejemplo en la tipificación de Magnitud, para un criterio de costos > US\$2M el proyecto pertenecerá a la familia de Proyectos Singulares o Grandes.

De esta forma se utilizan para el diseño de la solución los siguientes criterios de cada uno de las tipos de criterios definidas en el modelo:

▪ **Estratégicos**

De los 13 criterios definidos en el modelo de tipificación se utilizan 8 de ellos ya que estos cumplen con los requisitos mencionados. A continuación se describe cada uno de los criterios seleccionados:

- **Plazos:** Este criterio determinará las fechas definidas para la realización del proyecto. Será considerado como un atributo obligatorio de cada uno de los proyectos al momento de ingresar el nuevo proyecto al sistema.

Con las fechas de inicio y fin definidas se podrá calcular también la duración en días que tendrá el proyecto, incorporándolo como un atributo más.

- **Costos CAPEX:** Este criterio está asociado a los costos de inversión que se llevarán a cabo para cada proyecto, lo que fija los límites de gasto en los que se incurrirá.

Se definirá en un rango de 1 a 10, con valores enteros, que luego podrán ser ponderados por los valores reales de inversión en proyectos de instalación de telecomunicaciones de acuerdo a los límites máximos y mínimos existentes.

- **Nivel Tecnológico:** De acuerdo a la tecnología disponible en el transporte de los datos en los servicios que entrega cada proyecto se definirán 4 tipos y que serán almacenados como valores numéricos enteros del 1 al 4 correspondientes a cada tipo:

Baja (1): Uso de tecnología ya aplicada

Media (2): Uso de tecnología conocida

Avanzada (3): Uso de nueva tecnología

Súper Avanzada (4): Uso de tecnología en desarrollo

- **Calidad de Servicio (QoS):** Criterio dado por la garantía de transmitir una cierta cantidad de datos en un tiempo definido.

Se definirán 3 niveles de calidad de servicio: Bajo (1), Medio (2) y Alto (3).

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

- **Alcance:** De acuerdo al nivel de profundidad de cada proyecto, se divide en 3 tipos y que serán almacenados como valores numéricos enteros del 1 al 3 correspondientes a cada tipo:

Ensamble (1): Construir un componente único.

Sistema (2): Construir un conjunto complejo de elementos interactivos y subsistemas unidos con funciones independientes

Arreglo (3): Construir un conjunto grande de sistemas

- **Cobertura:** Este criterio está relacionado con la presencia que tendrá el proyecto en el mercado y los servicios disponibles regionalmente

Será asociado a valores enteros en el rango de 1 a 10

- **VAN:** Este criterio corresponde al indicador de la evaluación de proyectos que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros.

Será asociado a valores enteros en el rango de 1 a 10, valores que a su vez podrán ser ponderados por un rango real de valores presentes existente actualmente.

- **Migración:** Este criterio está asociado al cambio o adopción de nuevas tecnologías como desarrollo del proyecto.

Se le asignarán valores de 1, si no hay migración y 2 si la hay.

- **Tácticos**

De los 7 criterios definidos en el modelo de tipificación se utilizan 4 de ellos y que se describirán a continuación:

- **Escalabilidad:** Este criterio esta relacionado con las necesidades de ampliar la cobertura o la cantidad de recursos.

Se le asignarán los valores numéricos 1 si no es escalable, 2 si es escalable en cobertura, 3 si es escalable en recursos.

- **Integración:** Este criterio se entiende como la capacidad de unificar los servicios simplificando la administración y acceso a los recursos.

Será asociado a valores enteros en el rango de 1 a 10

- **Ancho de Banda:** Están relacionados con las necesidades de ancho de banda de los sistemas del proyecto.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Será asociado a valores enteros en el rango de 1 a 10, estos a su vez están relacionados con una cantidad de información transmitida por unidad de tiempo (Mbps)

- **Seguridad:** Tiene relación con la protección de los datos o servicios del proyecto.

Podrá definirse un rango de seguridad con valores enteros de 1 a 10.

▪ Operacionales

De los 7 criterios definidos en el modelo de tipificación se utilizan 4 de ellos y que se describirán a continuación:

- **Interoperabilidad:** Define la capacidad de operar transparentemente con los recursos existentes en el proyecto.

Se definirá un rango de valores enteros de 1 a 10.

- **Disponibilidad:** Tiene relación con cuan disponible está la operación del servicio entregado por el proyecto. Se definirá un rango de valores enteros de 1 a 10.

- **Costos-OPEX:** Es el criterio asociado a los costos operacionales que define entre otras cosas los límites de recursos.

Se definirá un rango de valores enteros de 1 a 10, que puede ser ponderado posteriormente por valores de costo reales.

▪ Ejecución

Se consideran los 3 criterios definidos para este caso en el modelo de tipificación y que se describirán a continuación:

- **Normativas:** Tanto las normativas como restricciones existentes, ya sean permisos municipales, regionales o legales, serán incorporados a los proyectos como un atributo adicional. En él se adjuntarán el o los archivos correspondientes a los permisos requeridos por el proyecto.

- **Cantidad de Recursos:** Este criterio esta asociado al número de recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto. Será considerado como un atributo de cada proyecto y que podrá ser definido tanto para el número de técnicos como para el número de jefes de proyecto.

- **Infraestructura:** Criterio relacionado con el nivel de obras civiles requeridas por el proyecto. Se definirá un rango de valores enteros de 1 a 10.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Una vez definidos los criterios del modelo de tipificación a utilizar, se analizan las relaciones entre las metodologías y los procesos entregados por el PMI y el CMMI respectivamente. En las figuras 23 y 24 se aprecian los elementos relevantes aportados por los procesos PP y PMC, por el modelo de tipificación y por el PMI, y que serán utilizados en el diseño y que serán detallados a continuación:

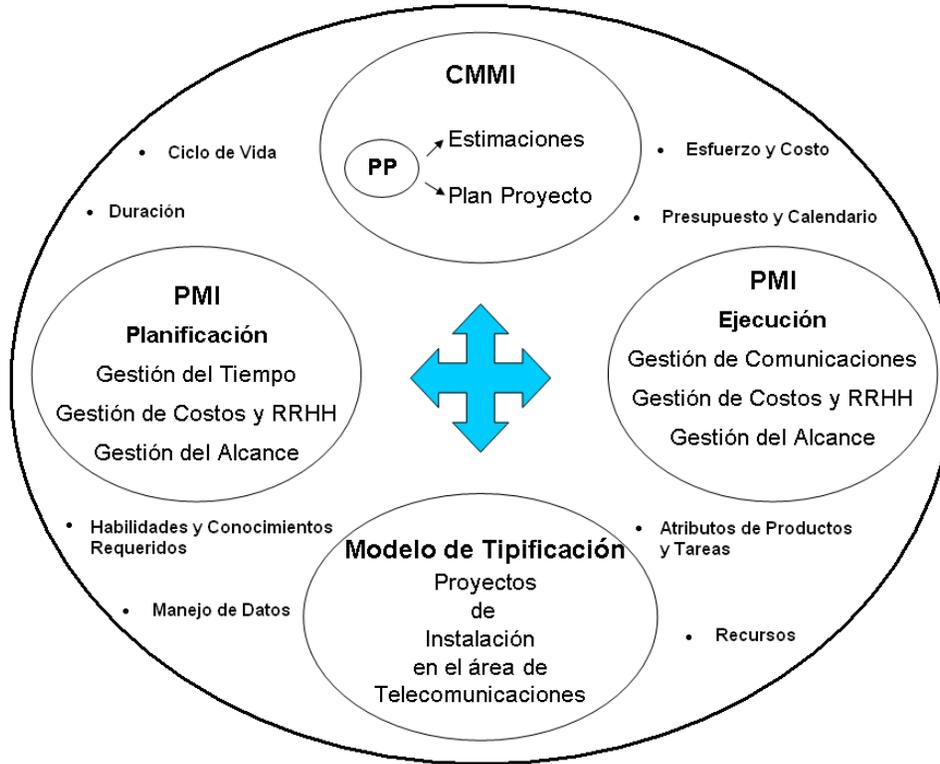


Figura 23: Elementos para la Planificación y Ejecución de Proyectos

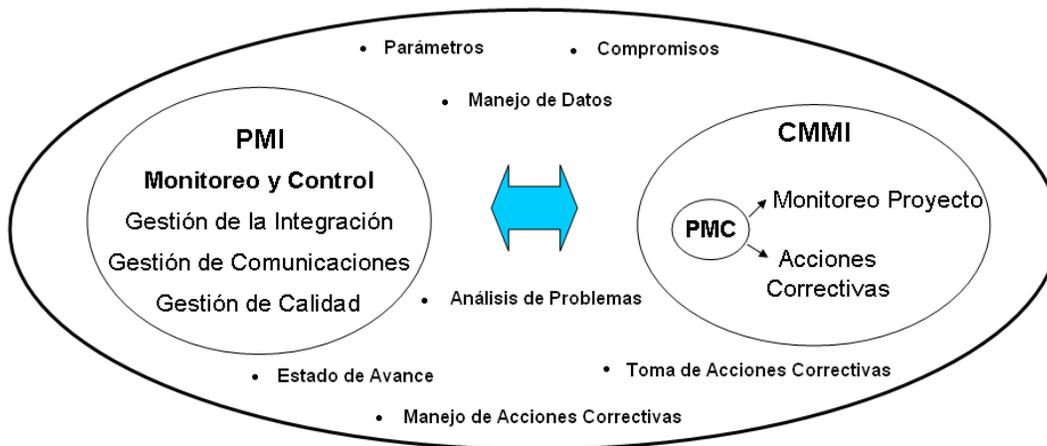


Figura 24: Elementos para el Monitoreo y Control de Proyectos

3.1.1.1. Duración

Inicialmente será definido por el responsable de proyectos fechas de inicio y término que entreguen una visión global de los plazos de cada proyecto, los que por supuesto están o no sujetos a modificación dependiendo del tipo de proyecto, el cliente, etc.

Pero para obtener tiempos mucho más precisos es necesario detallar las duraciones de cada tarea a realizar, conociendo los porcentajes de avance de cada tarea de manera de determinar efectivamente si un proyecto está cumpliendo los plazos establecidos, y si no es así, que tan atrasado está y en que tareas específicas, con el fin de apoyar dichas tareas y encausar el proyecto.

Para lograr lo anterior se requiere definir diagramas de descomposición funcional o WBS, que permitan conocer en detalle los tiempos de cada tarea y sus grados de avance. Existen herramientas como el software comercial WBS Chart Pro que permite definir estos diagramas, pero dado que se desea entregar una solución completa que permita además entregar cartas Gantt de cada proyecto, es que se utilizará la funcionalidad que entrega GanttProject y que entre otras cosas permite tener una descomposición de cada tarea considerando el nombre de la tarea, la duración, el porcentaje de progreso, los recursos asignados, las tareas de las que depende la tarea en cuestión, etc.

3.1.1.2. Atributos de Productos y Tareas

Como se detalló anteriormente, se utiliza el modelo de tipificación para determinar un conjunto de criterios que serán asignados a cada uno de los proyectos a realizar. Estos criterios dependerán de los tipos de familias de proyectos a los que sea clasificado cada proyecto por el responsable, y que tendrán asignados valores estimados de acuerdo a lo definido por el propio responsable de acuerdo su experiencia, y que por supuesto serán validados al final del proyecto de manera que sea almacenado en un historial de proyectos con información fidedigna y que pueda ser utilizada en el corto plazo para el desarrollo de nuevos proyectos y que coincidan con los ya registrados.

3.1.1.3. Ciclo de Vida

Está considerado desde el momento de la estructuración de los procesos que apoyarán la solución a desarrollar y que fueron diseñados considerando los grupos de procesos de la dirección de proyectos del PMI y que establecen un ciclo de vida para los proyectos.

3.1.1.4. Esfuerzo y Costo

Estas estimaciones serán realizadas utilizando como punto central los datos históricos de proyectos realizados.

Para el caso del esfuerzo será incluido como atributo a cada una de las tareas a realizar en los distintos proyectos que se implementen. Este atributo será de tipo numérico de manera tal que al ser ponderado por el atributo de habilidad perteneciente a cada uno de los recursos, entregará como resultado el número de horas que dicho recurso deberá emplear para realizar y completar dicha tarea.

Por otro lado se define un costo para cada recurso de una cierta cantidad de UM/hr²⁵, que dependerá del tipo de recurso (conocimientos, experiencia, entre otros) y de si es o no de planta, ya que serlo tiene un costo un costo muy inferior al de un recurso externo. Todo esto es utilizado en un modelo de asignación diseñado utilizando la teoría de problemas de programación lineal, y que entregará entre otras cosas el costo total de cada proyecto dependiendo de las condiciones impuestas de tiempos límite, presupuesto, etc.

Ambos atributos serán explicados en mayor detalle en el capítulo 4 en la sección de proceso de asignación de técnicos.

3.1.1.5. Presupuesto y Calendario

Apoyado por el repositorio histórico de proyectos sumado a la herramienta GanttProject y al modelo de asignación, permite establecer escenarios que ayuden a definir con una visión más global, cuáles deberán ser los presupuestos y las fechas de inicio y término de los proyectos a implementar.

3.1.1.6. Plan para Manejo de Datos

De lo explicado anteriormente se utiliza el modelo de tipificación para efectuar una efectiva clasificación y almacenamiento de los proyectos, de modo de simplificar su uso futuro en la planificación de nuevos proyectos. Junto con esto se apoyará una metodología que apunte al registro de los principales problemas que hayan surgido durante la realización de cada tarea, con lo cual se tendrá finalmente una base de conocimientos que permita entregar soluciones a problemas que han aparecido previamente teniendo claro en que tareas se suscitaron y cuales fueron los procedimientos utilizados para solucionarlos.

3.1.1.7. Plan para manejo de Recursos

Se diseña un modelo de asignación que entregue como resultado las asignaciones de recursos a las distintas tareas pertenecientes a los proyectos en un período de tiempo previamente definido. Esta asignación dirá que recurso será asignado a que tarea en que tiempo, donde la unidad de tiempo podrá ser una hora, medio día o un día, dependiendo de la precisión y el detalle que se quiera obtener.

²⁵ Unidades Monetarias / hora

Pero antes de utilizar el modelo, se aplica un filtro a los recursos de manera de obtener listas de recursos que estén capacitados para realizar las tareas de los proyectos a implementar, y que dependerá tanto de la especialidad requerida por la tarea, colocada como un atributo en cada tarea, y de la especialidad de cada recurso, que aparece también como un atributo en cada recurso.

3.1.1.8. Habilidades y Conocimientos Requeridos

Se emplean tanto como atributos de las tareas como de los recursos. Y se utilizan tanto en la elaboración del filtro que entregue el listado de recursos que están capacitados para realizar las tareas de los proyectos a implementar, como en el modelo de asignación y que permitan establecer condiciones que determinen que recursos pueden o no ser asignados a que tareas.

3.1.1.9. Parámetros de Monitoreo

Algunos de los parámetros que podrán ser observados son los tiempos de ejecución por intermedio de los porcentajes de avance. También se podrá analizar los costos incurridos (que están también relacionados con el tiempo de desarrollo), entre otros.

3.1.1.10. Monitoreo de Compromisos

Como consecuencia de lo anterior se irán comparando los resultados del seguimiento con lo establecido inicialmente en el plan del proyecto y que está relacionado directamente con los compromisos efectuados con el cliente.

3.1.1.11. Manejo de Datos Monitoreo

Este subproceso corresponde al apoyo que debe efectuarse para mantener actualizados los datos, incorporados en la planificación, durante la ejecución del proyecto y compararlos constantemente en caso de que se requiera efectuar algún tipo de acción.

3.1.1.12. Estado de Avance

Se estimula a los recursos encargados de desarrollar cada una de las tareas, a que actualicen permanentemente el nivel de avance de cada tarea de forma tal de poder utilizar esta información en el monitoreo y control de los proyectos.

3.1.1.13. Análisis de Problemas

Se tiene como apoyo para el análisis de problemas, la base de conocimiento de proyectos y tareas previamente realizadas y que entregan entre otras cosas soluciones a problemas ya presentados. Por supuesto en caso de no existir antecedentes se deberá efectuar análisis y estudio del problema y que una vez solucionado deberá ser registrada la solución encontrada, sumándola al repositorio ya existente. Estos registros pueden ser almacenados directamente en cada tarea utilizando GanttProject, y que luego será almacenada junto con el proyecto y cada tarea en un repositorio del sistema.

3.1.1.14. Toma y Manejo de Acciones Correctivas

Una vez finalizado el proyecto se podrá hacer un recuento de los problemas y soluciones encontradas, así como de las medidas que se deberán tomar a futuro en la planificación de proyectos similares para evitar que se produzcan nuevamente dichos problemas. Esta información quedará almacenada donde corresponda, ya sea en la(s) tarea(s) donde surgió el problema o como información del proyecto en su conjunto.

El resumen de los elementos de diseño para los procesos de planificación y ejecución de proyectos y para los de monitoreo y control de proyectos se puede ver en la tabla 4 a continuación:

Elementos de Planificación y Ejecución	Elementos de Monitoreo y Control
Duración	Parámetros de Monitoreo
Atributos de Productos y Tareas	Compromisos
Ciclo de Vida	Manejo de Datos
Esfuerzo y Costo	Estado de Avance
Presupuesto y Calendario	Análisis de Problemas
Manejo de Datos	Toma de Acciones Correctivas
Recursos	Manejo de Acciones Correctivas
Habilidades y Conocimientos Requeridos	

Tabla 4: Elementos para la Planificación y Ejecución de Proyectos

Sumado a los elementos anteriores se aprovecha la arquitectura de macroprocesos para estructurar los procesos de manera coherente de forma que se generen relaciones entre ellos que permitan explicar y visualizar el funcionamiento de la solución y como esta incide en los procesos de una empresa. De los procesos detallados en la arquitectura se indaga y profundiza en el desarrollo del Macroproceso 1, también llamado cadena de valor, el cual considera precisamente los procesos relacionados con la gestión e implementación de los productos o servicios entregados, y que serán detallados en el capítulo 4.

Complementando el diseño de Macroprocesos se tienen los procesos definidos en las áreas de de proceso para el manejo avanzado de proyectos del CMMI, y de las cuales se decide optar por la gestión cuantitativa de proyectos (QPM) y por la gestión integral de proyectos (IPM + IPPD). Estos aportan con elementos que refuerzan el diseño realizado de manera de poder efectuar una gestión más completa, y que tal como se detalla en las etapas de evolución del CMMI, tendrán por objetivo elevar el manejo de proyectos de la empresa a niveles más avanzados, como Definido o Cuantitativamente Gestionado.

A continuación se puede ver una figura que muestra dichos elementos:

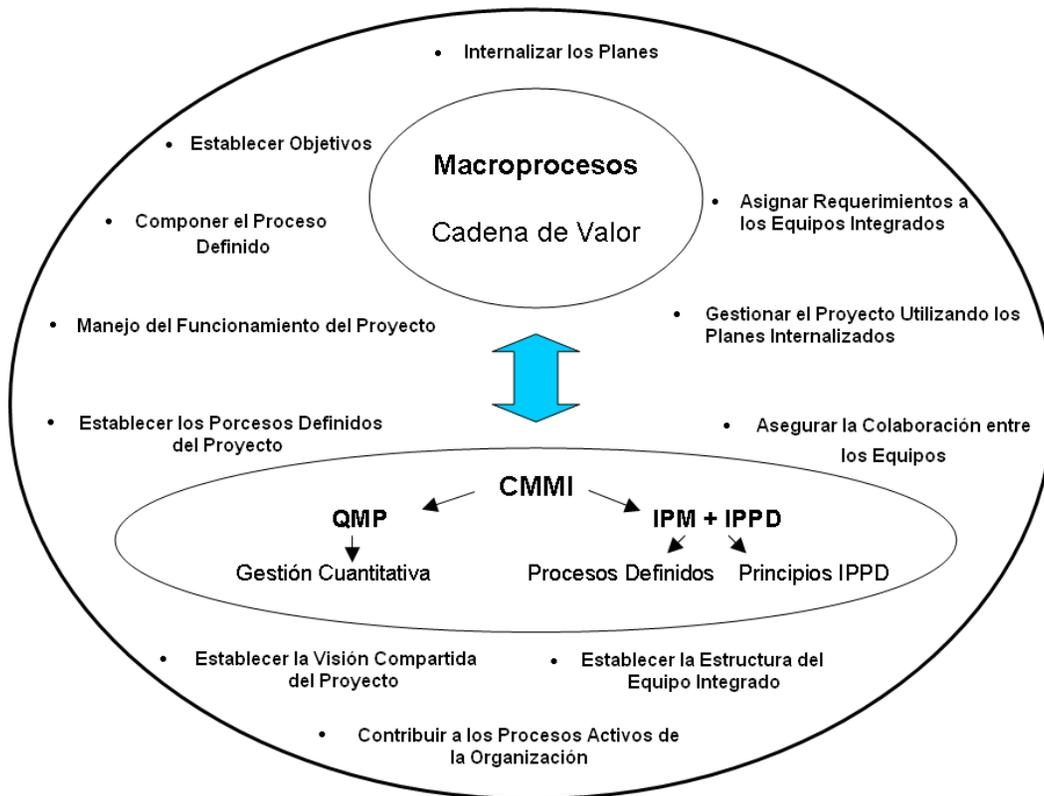


Figura 25: Elementos para el diseño de Procesos

3.1.1.15. Establecer Objetivos

Está considerado por supuesto como parte fundamental para el desarrollo de un proyecto, y a lo cual tanto el responsable de proyectos como el jefe de proyectos estarán destinados. Es aquí donde la solución entrega el apoyo necesario para mantener dichos objetivos definidos inicialmente así como el correcto funcionamiento de los procesos.

3.1.1.16. Componer el Proceso Definido

Desde el punto de vista de poder planificar correctamente un proyecto definiendo detalladamente cada tarea a realizar, es que se utilizará la información histórica de proyectos para determinar que tareas deberán realizarse para la implementación de un proyecto dado, de forma tal que si se determina que dicho proyecto es similar en cuanto a los tipos de familia a los que pertenecen y a los criterios y valores que estos poseen, podrá utilizarse en principio como una guía el listado de tareas del proyecto similar y quizás la carta Gantt de este utilizando algunas duraciones y costos.

3.1.1.17. Manejo del Funcionamiento

Constituye una composición de lo anteriormente mencionado, en donde se considera un monitoreo de los objetivos del proyecto, tanto de calidad como del funcionamiento de los procesos, junto con poder identificar las acciones correctivas respectivas a cada tarea o proyecto.

3.1.1.18. Establecer los Procesos Definidos del Proyecto

De acuerdo a lo establecido para el manejo de tareas en cada proyecto y que por intermedio de una descomposición detallada de las tareas a realizar, es que se efectúa la mantención de los procesos definidos del proyecto, desde su inicio y planificación hasta el cierre del proyecto.

3.1.1.19. Internalizar los Planes

Se incorporan en los procesos definidos para el diseño de la solución y por ende en la solución misma, los planes correspondientes al desarrollo del proyecto, pero también se considera la información de planes estratégicos de la empresa en caso de que sea necesario tomarlos en cuenta, como por ejemplo en la calidad de los proyectos entregados, ya que de existir planes que busquen posicionar a la empresa como la proveedora de productos y servicios de alta calidad es probable que se deban emplear más recursos en el desarrollo de los proyectos.

3.1.1.20. Gestionar el Proyecto Utilizando los Planes Internalizados

Una vez definidos los planes que afectarán al proyecto sumados a los planes y procesos propios del proyecto, se procederá a gestionar el proyecto de manera de efectuar tanto la asignación como el monitoreo y control de los recursos tomando los planes y procesos en consideración.

3.1.1.21. Contribuir a los Procesos Activos de la Organización

Es precisamente lo que se desea lograr mediante el diseño de procesos en la arquitectura de macroprocesos definida en el capítulo 2 y que se profundiza posteriormente en el capítulo 4.

3.1.1.22. Establecer la Visión Compartida del Proyecto

Desde el punto de vista de un buen manejo de proyectos y de la gestión del cambio que requiere implementar la solución propuesta, es que se debe establecer una visión que sea asimilada por todos los actores involucrados con el proyecto, y que apoya la obtención de los objetivos planteados.

3.1.1.23. Establecer la Estructura del Equipo Integrado

Esta estructura depende de las tareas que compongan cada proyecto, debido al atributo de especialidad que poseen y que establece que recursos están capacitados para desarrollar dichas tareas. Con esto se puede definir una estructura para cada proyecto que diga cuales deben ser los tipos de recursos que deben integrar el proyecto, considerando también la cantidad de recursos.

3.1.1.24. Asignar Requerimientos a los Equipos Integrados

Como se explicó en el plan de recursos, se diseña un modelo que permita la asignación de recursos a cada una de las tareas de los proyectos a implementar, y que es donde se efectuará tanto la creación definitiva de los equipos de cada proyecto como el establecimiento de cuales serán las tareas que ejecutarán los miembros de cada equipo.

3.1.1.25. Asegurar la Colaboración entre los Equipos

Por último se fomenta la comunicación entre los miembros de cada equipo por medio de una solución que sea accesible por todos los actores, como lo es una solución de tipo Web y que permite que estos puedan entregar sus avances, registros y establecer peticiones desde diversas ubicaciones, entregando mayor flexibilidad y facilitando el trabajo de los ejecutores.

El resumen de los elementos para el diseño de procesos se puede ver en la tabla 5 a continuación:

Elementos de Gestión Cuantitativa	Elementos de Procesos Definidos	Elementos de Principios IPPD
Establecer Objetivos	Internalizar los Planes	Establecer la Visión Compartida del Proyecto
Componer el Proceso Definido	Establecer los Procesos de Definidos del Proyecto	Establecer la Estructura del Equipo Integrado
Manejo del Funcionamiento del Proyecto	Gestionar el Proyecto Utilizando los Planes Internalizados	Asignar Requerimientos a los Equipos Integrados
	Contribuir a los Procesos Activos de la Organización	Asegurar la Colaboración entre los Equipos

Tabla 5: Elementos para el Diseño de Procesos

3.1.2 Estructura del Diseño

Una vez establecidos los elementos a considerar, y que se ha detallado el cómo inciden en el diseño de la solución, se establece la estructura general de diseño que explica la modularidad de la herramienta como se puede ver en la siguiente figura:



Figura 26: Estructura Modular del Diseño de la Solución

De la figura 26 se desprende que son diseñados 3 módulos principales, los cuales consideran los elementos fundamentales para efectuar un correcto manejo de proyectos y que fueron definidos en la sección anterior.

En particular se definen las relaciones que existirán entre cada uno de los módulos definidos y los elementos de diseño considerados.

Para la planificación se incorporan todos aquellos elementos que permiten definir una metodología que apoye de manera efectiva el ingreso de nuevos proyectos, considerando el nombre de cada proyecto, un código identificador, los plazos, las tareas o actividades que lo conforman, las características y criterios asociados a cada tipo de proyecto de acuerdo al modelo de tipificación y a la estimación de los recursos a utilizar.

De los elementos de diseño anteriormente descritos, son considerados para la planificación los que se muestran en la figura siguiente:

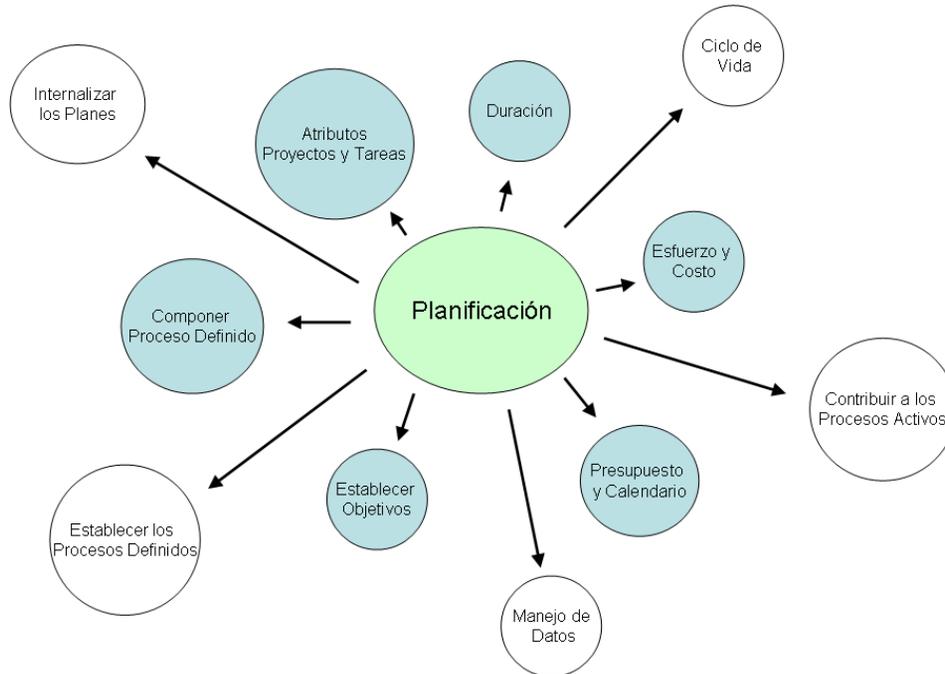


Figura 27: Relación de Elementos de Diseño con Módulo de Planificación

En la figura 27 se aprecian elementos particulares del módulo de planificación y que se ven de color azul, por otro lado existen 5 elementos comunes a todos los módulos y que se ven de color blanco.

En el caso de la asignación de recursos, se toman los elementos de diseño que se consideran para la formulación del modelo de asignación a diseñar, de forma que tome en cuenta la información más relevante de los recursos y proyectos, particularmente de las tareas que componen dichos proyectos, como por ejemplo: prioridad de proyectos y tareas; dependencia de tareas; duración; dificultad; especialidad y habilidades de recursos; presupuesto.

De los elementos de diseño anteriormente descritos, son considerados para la asignación los que se muestran en la figura 28:

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

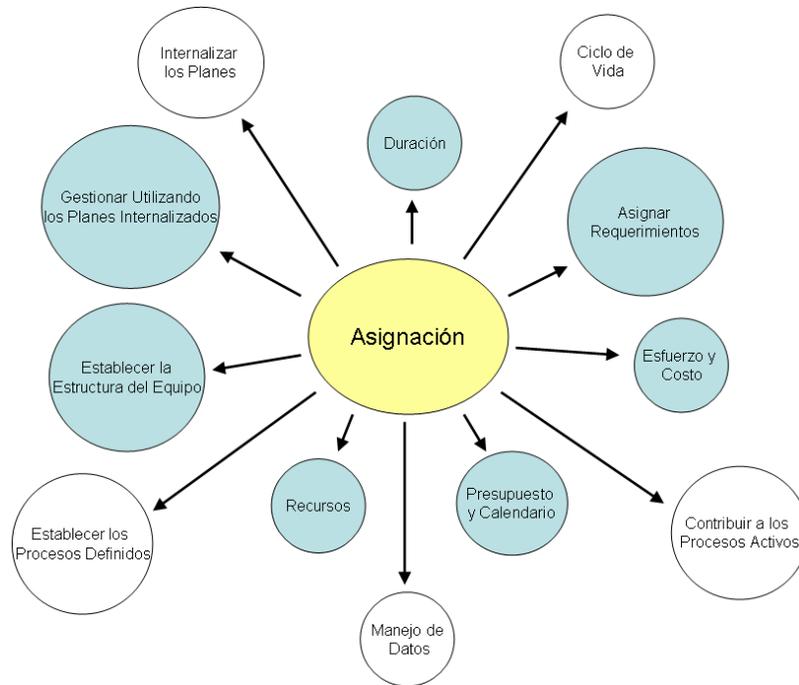


Figura 28: Relación de Elementos de Diseño con Módulo de Asignación

Finalmente para el seguimiento y control de proyectos, los elementos de diseño son utilizados para definir como apoyar y estructurar los flujos de trabajo para el desarrollo de las tareas que conforman un proyecto. Estos flujos son particulares para cada caso pero es posible definir elementos generales comunes y que serán considerados para el seguimiento como se muestran en la figura 29:

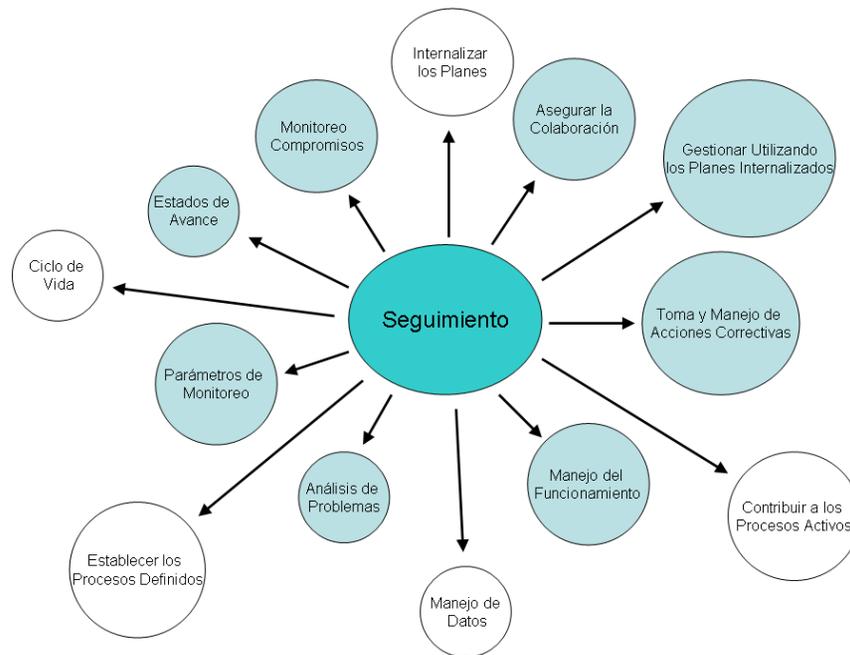


Figura 29: Relación de Elementos de Diseño con Módulo de Seguimiento

3.2 Herramientas de Diseño e Implementación

Una vez definida la metodología a seguir se procede a la búsqueda y selección de las distintas herramientas que permitan realizar tanto el diseño lógico y físico de la herramienta de manera que permitan la construcción de un prototipo funcional que plasme el diseño realizado.

3.2.1 Framework Struts

Para la implementación del prototipo es utilizado el estándar para el desarrollo de aplicaciones Web llamado Struts [43], que trata de simplificar la implementación de una arquitectura siguiendo el patrón MVC²⁶, el que separa la gestión del Workflow²⁷ de la aplicación, del modelo de objetos de negocio y de la interfaz.

El controlador del patrón MVC esta encargado de redirigir o asignar una aplicación a cada petición; debe poseer algún tipo de mapa de correspondencias entre peticiones y respuestas que se les asignan.

Una vez realizadas las operaciones necesarias el flujo vuelve al controlador y este devuelve los resultados a una vista asignada.

La funcionalidad de Struts en aplicaciones Web se puede ver a continuación:

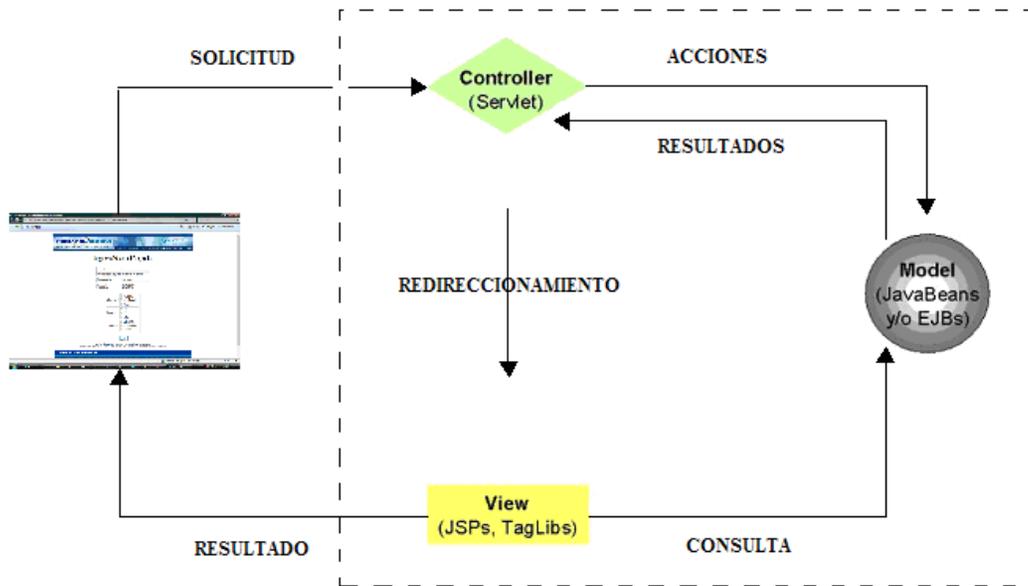


Figura 30: Funcionalidad Struts

²⁶ Model-View-Controller

²⁷ Flujo de Trabajo

El navegador genera una solicitud que es atendida por el controlador, que se encarga de analizar la solicitud, seguir la configuración que se le ha programado en su XML y llamar al Action correspondiente pasándole los parámetros enviados. El Action instanciará y/o utilizará los objetos de negocio para concretar la tarea. Según el resultado que retorne el Action, el controlador derivará la generación de interfaz a una o más JSP's, las cuales podrán consultar los objetos del modelo para mostrar información de los mismos.

El funcionamiento en detalle se ve a continuación:

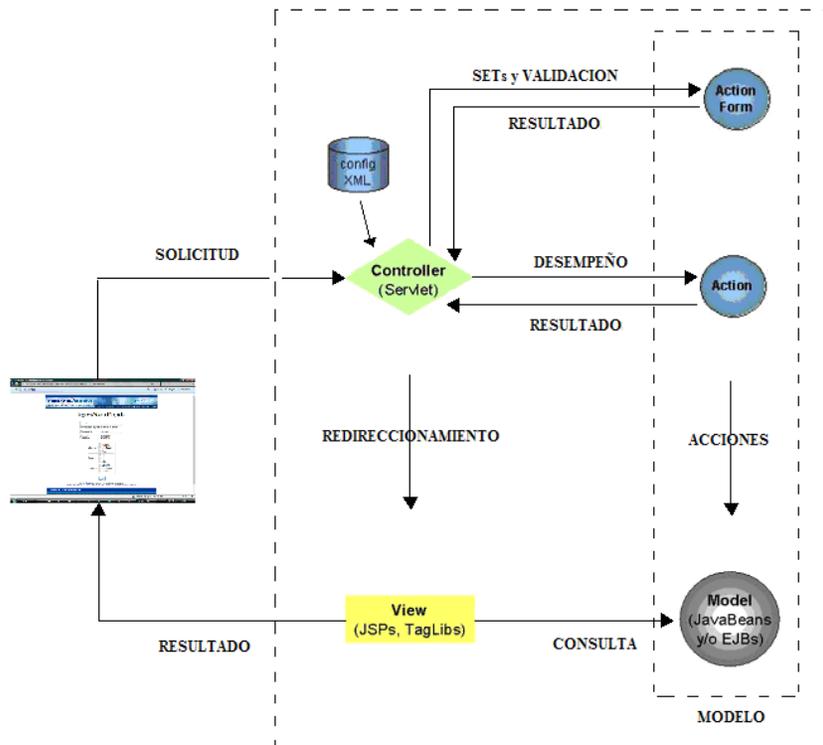


Figura 31: Funcionalidad Struts en Detalle

El controlador posee la funcionalidad involucrada desde que un usuario genera un pedido HTTP, hasta que se genera la interfaz de respuesta. Entre medio, llamará a los objetos de negocio del modelo para que resuelvan funcionalidad propia de la lógica de negocio y según el resultado de la misma ejecutara la jsp que deba generar la interfaz resultante.

Struts incluye un Servlet que a partir de la configuración de struts-config.xml recibe las solicitudes del usuario, llama al Action Bean que corresponda y, según los que este retorne, ejecuta una JSP.

La clase Action por su parte tiene por objetivo procesar una solicitud, y devolver un objeto ActionForward que identifica donde se debería reenviar el control para proporcionar la respuesta apropiada.

El diagrama a continuación describe el flujo en más detalle:

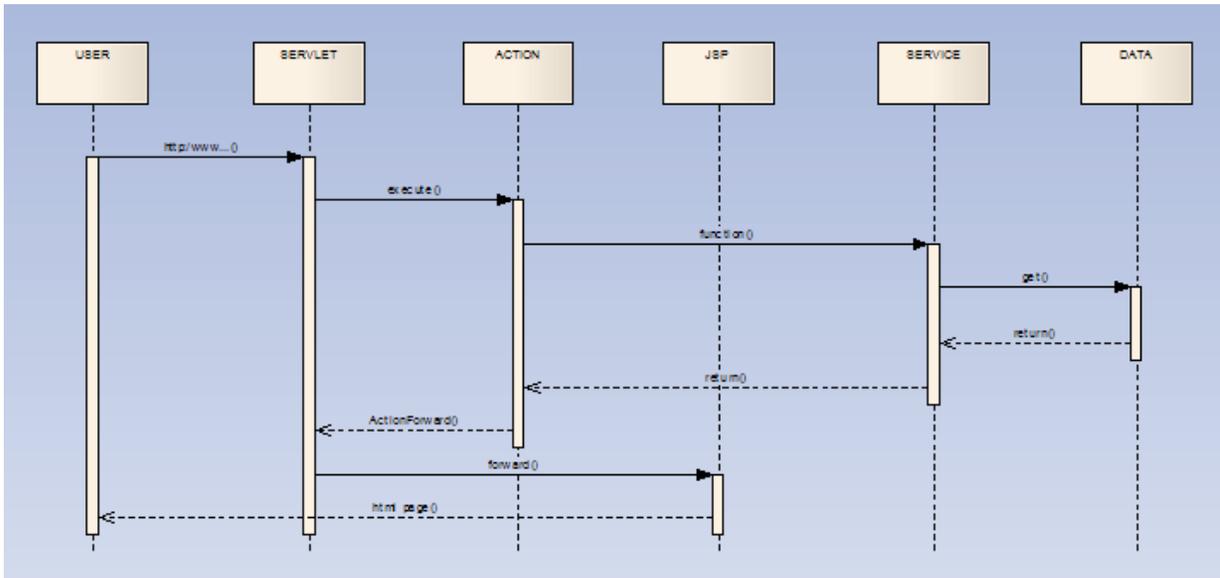


Figura 32: Diagrama de Secuencia Struts

- El Usuario (User) hace clic sobre un link en una página html.
- El controlador del Servlet recibe la petición, busca la información de mapeo en struts-config.xml, y rutea hacia un Action.
- Action hace un llamado a un servicio (Service) de modelo de capas.
- Service hace un llamado a la capa de datos (Data), base de datos, y se devuelven los datos solicitados.
- Service los devuelve al Action.
- Action los envía hacia una fuente visual (página JSP).
- Servlet busca la información de mapeo por la fuente requerida y la envía hacia la página JSP apropiada.
- El archivo JSP es invocado y enviado al browser como HTML.
- Se le presenta al Usuario la nueva página HTML en un browser Web.

3.2.2 Herramienta para Modelado UML

Existen múltiples herramientas para trabajar con UML [24], tanto comerciales como open source²⁸, considerando que se trabaja con el estándar Struts, se utiliza entonces la plataforma comercial de Red Hat Developer Studio, que es una herramienta bastante completa para el diseño y creación de aplicaciones Java.

3.2.3 Plataforma del Servidor

Una de las particularidades de J2EE es que al estar basado en Java, puede ser ejecutado en cualquier plataforma, por lo cual se podrá elegir tanto una plataforma Windows como una plataforma Linux que sea open source, y que también puede ser utilizada para uso comercial.

3.2.4 Servidor de Aplicaciones J2EE

Para el servidor se elige también un desarrollo open source, encontrando como opción interesante a JBOSS que está muy difundido y es muy estable y que es posible utilizarlo también en aplicaciones comerciales, y dado que está escrito en Java, corre perfectamente tanto bajo Windows como en Linux.

3.2.5 Motor de Base de Datos

Se considera a MySQL como la opción para la base de datos debido a que también es open source y es ampliamente la más utilizada en aplicaciones Web.

Considerando que al utilizar Struts la capa de base de datos queda abstraída por este framework, es posible en un futuro migrar a otro motor de bases de datos de ser necesario, sin tener que cambiar el modelo de la aplicación.

MySQL puede correr bajo plataformas Windows o Linux, en caso que se quiera trabajar sobre una u otra.

3.2.6 Aplicación para el Manejo de Cartas Gantt

De las herramientas actualmente disponibles en el mercado se analizan los elementos de los que disponen para la gestión de proyectos, actividades y tareas, y de que elementos carecen de forma que se requiera la incorporación de aplicaciones más completas.

Como resultado de la búsqueda se tiene que la herramienta GanttProject cumple con los requisitos necesarios para conformar la herramienta final. A continuación se describirán algunas de sus características principales [26].

²⁸ Es precisamente la característica de código abierto la que se privilegiará por fines docentes para el diseño de la herramienta.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Ganttproject es una aplicación completamente escrita en java que permite manejar proyectos utilizando como interfaz diagramas gantt, permitiendo descomponer los proyectos en tareas, mostrar dependencias y manejar recursos.

Para la creación de tareas permite organizarlas por grupos o categorías de forma de generar jerarquías, para posteriormente definir relaciones de dependencia entre ellas.

Dentro de las funciones básicas esta la de asignar a cada tarea su duración, el porcentaje completado, fechas de inicio y termino, prioridades, notas explicatorias, entre otros.

Los recursos sobre los que trabaja son RRHH, asignando los roles dentro del proyecto y sus formas de contacto.

Posee también la posibilidad de generar un diagrama Pert, que es una herramienta cuantitativa de planificación y control, lo que permite a los administradores contar con un modelo de optimización que entregue la solución óptima de una secuencia de actividades en el tiempo, que deben realizarse para finalizar el plan de acción. También permite al administrador programar un proyecto por adelantado y a la vez calcular el tiempo necesario para completarlo.

Finalmente permite exportar el trabajo como imagen (JPG, PNG) o como XML, y que es lo que ayudará en definitiva para establecer la conexión con la herramienta.

<i>Plataforma</i>	<i>Estado Comercial</i>	<i>Lenguaje</i>	<i>Archivos</i>
Linux, Windows	GNU General Public License	Java	XML, JPG, HTML, etc.

Tabla 6: Características Generales de GanttProject

Un ejemplo de carta gantt de un proyecto se puede ver en la figura a continuación:

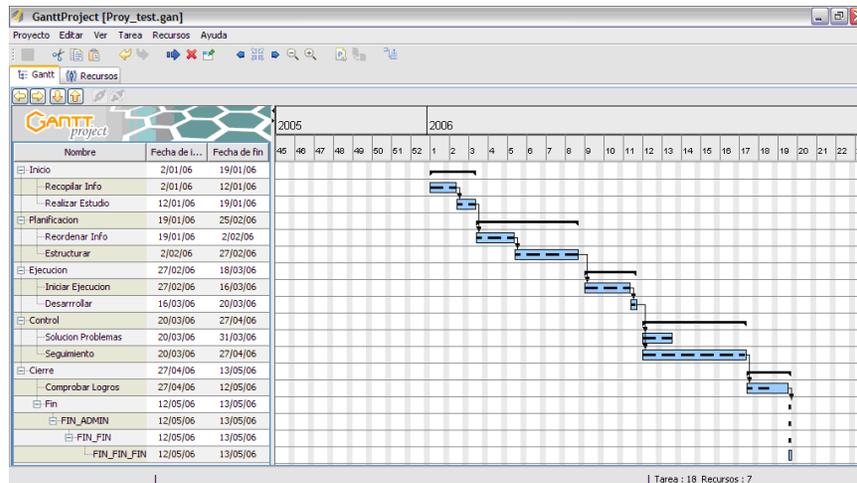


Figura 33: Ejemplo de Herramienta GanttProject

3.2.7 Aplicación para la Formulación de Problemas de Programación Lineal

Se utiliza como herramienta de modelamiento y formulación del problema de programación lineal al Sistema General de Modelación Algebraica, GAMS, que es un lenguaje soportado por un paquete informático, que permite el modelado, análisis y resolución de diversos problemas de optimización independiente del método de resolución asociado al mismo [27].

Inicialmente el manejo y comprensión de sus estructuras requiere de un cierto esfuerzo, pero que una vez manejadas se dispone de una herramienta potente para el manejo y resolución de problemas de programación matemática.

Los elementos más relevantes de GAMS se destacan a continuación:

1. Su capacidad para resolver problemas pequeños (docenas de variables y restricciones) y grandes problemas (miles de variables y restricciones) escribiendo básicamente el mismo programa. Dispone de una forma compacta y eficiente para escribir bloques de ecuaciones similares sin más que escribir “una de ellas”.
2. Se separa la definición del modelo de la técnica de resolución. El usuario de GAMS formula el modelo consistentemente, y una vez expresado en notación GAMS, uno de los programas disponibles se encarga de generar la solución. Como resultado, el usuario se centra en el modelado, sin ser perturbado por los problemas técnicos de los algoritmos de resolución. Esto hace posible un proceso de modelado muy sencillo y agradable.
3. Prácticamente reproduce la descripción del problema de programación matemática. Como resultado, el código GAMS es casi auto-explicativo para los lectores que tengan una mínima formación en optimización.
4. Suministra también mecanismos que permiten resolver colecciones de problemas de optimización estructurados, tales como los de técnicas de descomposición.

3.2.8 Aplicación para el Diseño y Ejecución de Flujos de Trabajo (Workflow)

Se consideran 2 herramientas para estos efectos, una para el diseño de flujos de trabajo y otra como motor que sobre un servidor permita ejecutar estos flujos permanentemente. Inicialmente se describirá el lenguaje sobre el cual trabajan estas herramientas y que está relacionado con los diseños de procesos aplicados para la solución propuesta.

3.2.8.1. BPEL

Lenguaje de ejecución de procesos de negocio (o BPEL con su sigla en inglés), corresponde a un lenguaje para orquestación escrito en XML, que describe la lógica de la interacción entre “servicios Web” de un proceso de negocio [21].

Entre otras cosas permite especificar formalmente procesos de negocio y protocolos de interacción, así como ayuda a minimizar la brecha entre el negocio y tecnología.

Dentro de la notación que tiene BPEL es posible ver entre otras cosas: flujos de control; variables; ejecución concurrente; entradas y salidas; manejo de transacciones y manejo de errores.

A través de un documento XML BPEL, un analista de negocio es capaz de representar la lógica asociada y los elementos con los que se verá relacionado. Estos elementos serán servicios Web y la lógica el proceso BPEL.

A modo de ejemplo, si se tiene un flujo de negocio determinado con una entrada A y una salida Z, este se podría componer de muchos procesos internos que se lanzarían dependiendo de valores y respuestas anteriores. BPEL sería el encargado de orquestar todo el proceso ordenando qué proceso ejecutar (servicio Web) y en qué momento

3.2.8.2. ActiveBPEL

El motor ActiveBPEL Engine es un ambiente de ejecución en tiempo real, bajo la licencia GPL (open source) y escrito en Java, y que es capaz de leer y ejecutar definiciones de procesos BPEL.

Por ejemplo cuando un mensaje entrante gatilla un inicio de actividad, el motor crea una nueva instancia de proceso y comienza a correr. El motor se encarga de la persistencia, mensajes, alarmas y otros detalles de ejecución.

El motor ActiveBPEL corre sobre cualquier contenedor de servlets como por ejemplo Apache Tomcat o JBOSS.

Junto con lo anterior se tiene un diseñador visual para BPEL llamado ActiveBPEL Designer, que es un entorno de desarrollo especializado en la generación visual de modelos de orquestación que utilizan BPEL. Está basada en la plataforma Eclipse, y aunque no es de código abierto, es una herramienta gratuita. Está optimizada para el uso con servidores de orquestación BPEL de la propia compañía (ActiveBPEL Engine).

3.2.9 Configuración Definitiva de la Solución

Plataforma de Desarrollo

- J2EE

Herramientas de Modelado

- Modelado Clases y Casos de Uso: IBM Rational 6.0
- Modelado Diagramas: Enterprise Architect 7.1

Entorno de Desarrollo

- RedHat Developer Studio Beta 2
- Eclipse 3.3.0 v2007

Plataforma de Servidor

- SO Servidor: Windows o Unix Centos.
- Servidor de aplicaciones J2EE: JBOSS 4.0.4-GA
- Motor de base de datos: MySQL 5.0.22

Herramienta para Administración MySQL

- EasyPHP 2.0

Herramienta de Manejo de Cartas Gantt

- GanttProject 2.0.4

Herramienta para Formulación de PPL

- GAMS Integrated Development Environment

Herramienta de Diseño y Ejecución de Flujos de Trabajo

- ActiveBPELDesigner
- ActiveBPELEngine

Capítulo 4 Resultados

En el presente capítulo se detallan los resultados obtenidos del trabajo realizado. Inicialmente se explica cual es la estructuración de la arquitectura de procesos para el diseño de la solución planteada, y que busca establecer como incide la solución en los distintos procesos y a su vez que elementos aporta cada uno de ellos al diseño de la solución.

En el punto 4.2 se explica el diseño del modelo de asignación de recursos desarrollado explicando cuales son atributos más relevantes a considerar y mostrando el modelo de programación lineal obtenido.

En los puntos 4.3 y 4.4 se desarrolla el diseño de la herramienta de software que representa uno de los resultados de la solución establecida, y en los que se estipula en detalle cual será la funcionalidad deseada, la arquitectura lógica y física, y se muestra un prototipo como resultado de este diseño.



Figura 34. Resultados Obtenidos

4.1 Arquitectura de Procesos para el Diseño de la Herramienta

A continuación se detallarán cada uno de los procesos considerados para el desarrollo del proyecto y que fueron modelados usando la notación IDEF0 siguiendo la estructura de Macroprocesos de los cursos IN71J e IN73J del Magister de Ingeniería de Negocios con Tecnologías de Información (MBE), utilizando la herramienta iGrafx [25].

La estructura de estos procesos y subprocesos fue diseñada siguiendo la estructura de una empresa tipo, añadiendo los rediseños necesarios para mejorar los procesos de asignación de recursos, planificación, ingreso y gestión de proyectos, entre otros.

El Macroproceso analizado como se puede ver en la siguiente figura será la Macro 1, “Gestión de Implementación y Provisión del Bien o Servicio”, de la cual se describirán cada uno de los subprocesos relevantes para el proyecto realizado.

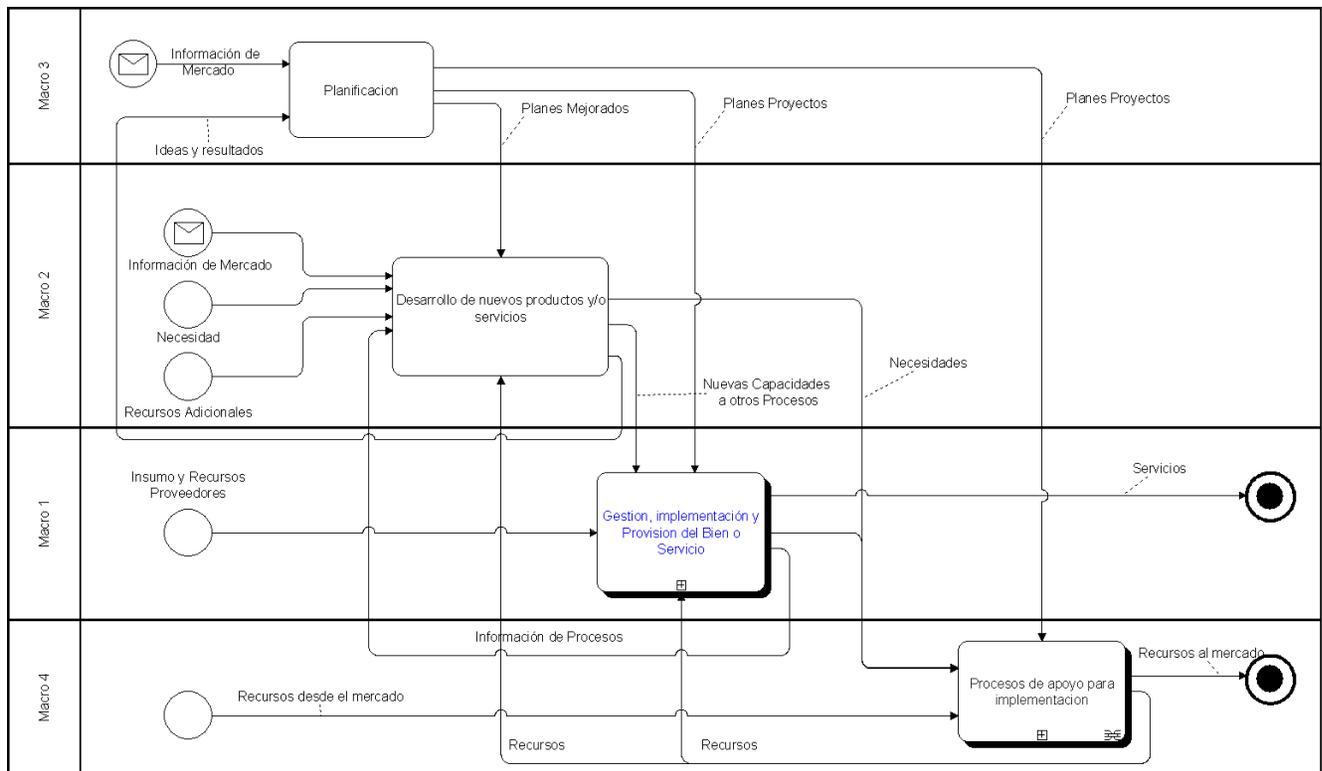


Figura 35: Macroprocesos

Como se puede ver en la figura el Macroproceso 1 tiene varias entradas y salidas relevantes, entre las que se pueden ver: El ingreso de los planes estratégicos de la empresa, representados por los planes de proyectos, también el de las nuevas capacidades que representan por ejemplo mejoras en productos y servicios, y el de insumos y recursos externos.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Por otro lado se tendrán salidas como los productos o servicios entregados a los clientes, así como las necesidades ya sean de recursos o insumos, o simplemente la salida de información de procesos pertenecientes a la gestión y que apunta a la mejora o rediseño de estos.

Observando los procesos de la macro 1, que corresponde a uno de los macroprocesos más importantes, ya que representa la cadena de valor de la empresa, considerando desde el ingreso de un requerimiento por parte de un cliente, la obtención de factores ofrecidos por proveedores, la asignación de recursos, la producción o implementación del bien o servicio y la entrega final.

En particular y como se puede ver en la figura a continuación, los procesos relevantes consideran la gestión, implementación y entrega de proyectos, dentro de los cuales se encuentra entre otros la planificación de proyectos, la asignación de recursos y el control de los recursos, que serán los puntos más importantes a considerar y que serán detallados en los puntos siguientes.

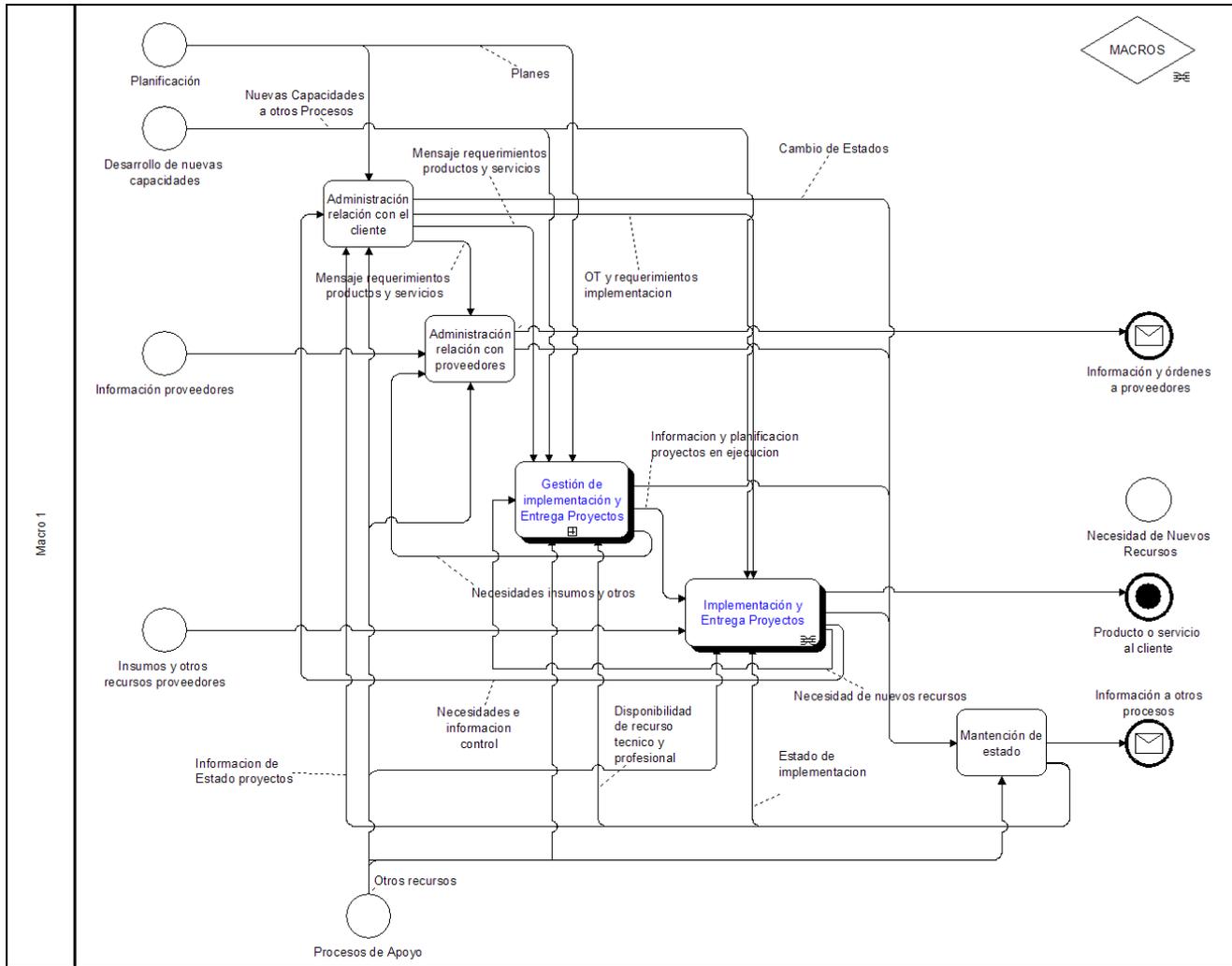


Figura 36: Macro 1 o Cadena de Valor

4.1.1 Gestión de Implementación y Entrega de Proyectos

Corresponde a un proceso perteneciente a la Macro 1, y que es el encargado del proceso de como llevar a cabo cada proyecto a ser realizado, y que básicamente considera el ingreso de requerimientos para un nuevo proyecto, la incorporación de nuevas soluciones o productos y servicios, y parte de la información de la planificación de la empresa.

Se tiene que en este proceso se considera un subproceso encargado de definir cuales y como se llevarán a cabo las nuevas soluciones y servicios a desarrollar por la empresa, entregando las instrucciones generadas al proceso de la planificación de cada proyecto, que es el proceso al cual daremos mayor importancia y que es precisamente el núcleo del rediseño, que tal como dice su nombre será donde se generen las planificaciones de cada uno de los proyectos a desarrollar por la empresa, y que consideran desde el ingreso de nuevos proyectos, las selección de los proyectos a implementar, la asignación de recurso y el inicio de la ejecución de proyectos, entre sus principales funciones.

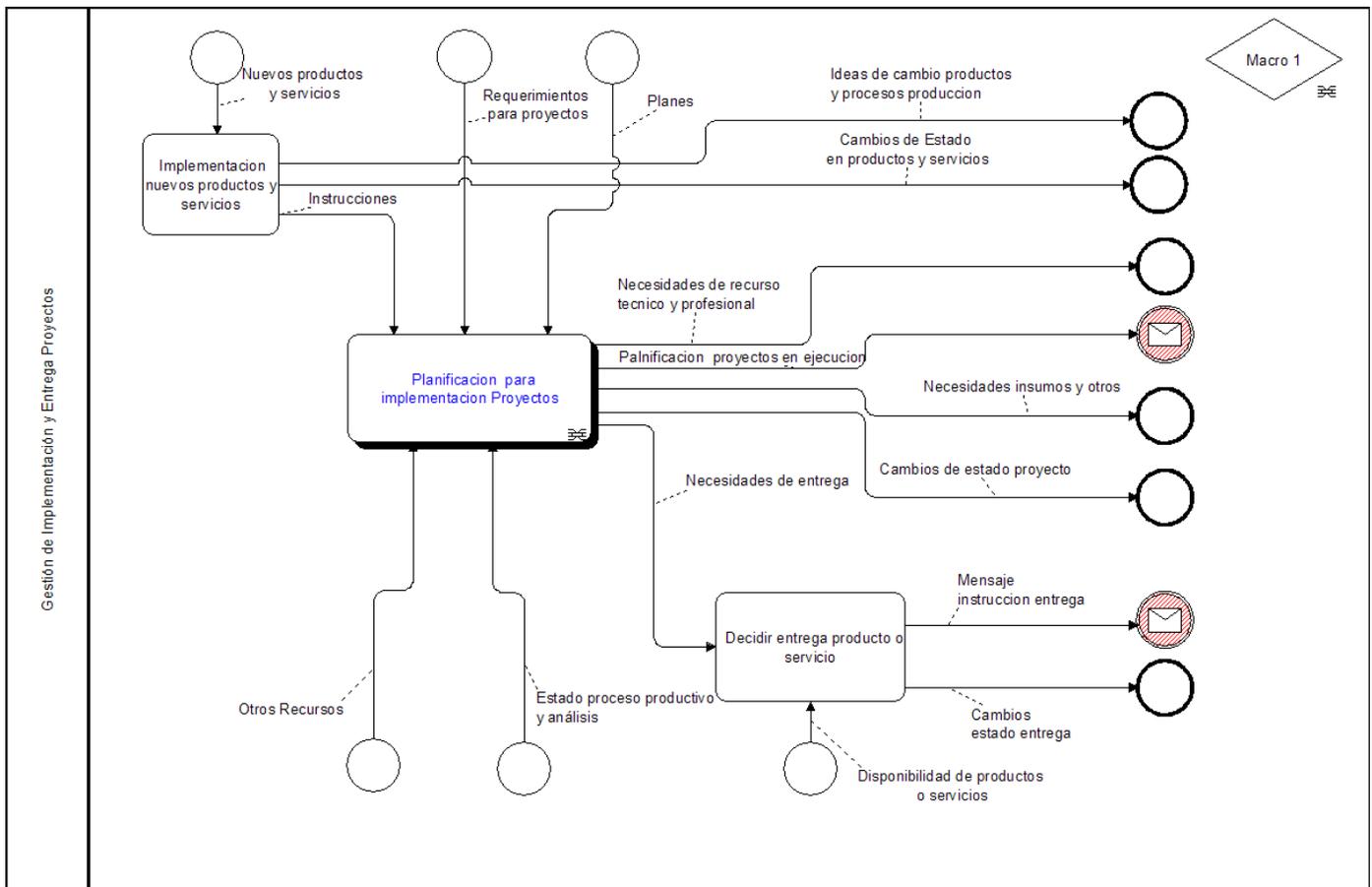


Figura 37: Gestión de Implementación y Entrega Proyectos

4.1.1.1 Planificación para Implementación de Proyectos

Entrando en el detalle de este proceso se considero el diseño de 4 subprocesos, los cuales son: “Ingreso de Proyectos”, “Selección Proyectos a Implementar”, “Decidir Asignación y Mejora Recurso”, y finalmente “Iniciar Ejecución Proyectos”.

De los procesos anteriormente mencionados tenemos que el primero tiene por objetivo el ingreso de los nuevos proyectos a desarrollar por la empresa durante un periodo determinado de tiempo, estos proyectos serán almacenados en un repositorio de proyectos en un estado de “no ejecutado” en espera de su posterior ejecución.

El segundo considera la selección de los proyectos a implementar y que tiene como fin incorporar las prioridades asignadas a cada proyecto y sus tareas, y entregar al siguiente proceso las tareas a ser realizadas con el fin de poder realizar una asignación que involucre a todas las tareas a realizar en el periodo de tiempo definido y a todos los recursos capacitados para realizar dichas tareas, que corresponde al tercer proceso, mientras que el último proceso esta enfocado al inicio de la ejecución de los proyectos y que es donde se da el “vamos” a la implementación de cada proyecto enviando las alertas necesarias a los recursos asignados a cada proyecto y entregando información respecto a las tareas a realizar. El seguimiento de los recursos asignados y el cierre del proyecto es parte del proceso de “Implementación y Entrega de Proyectos”, que se detallará en el punto 4.1.2.

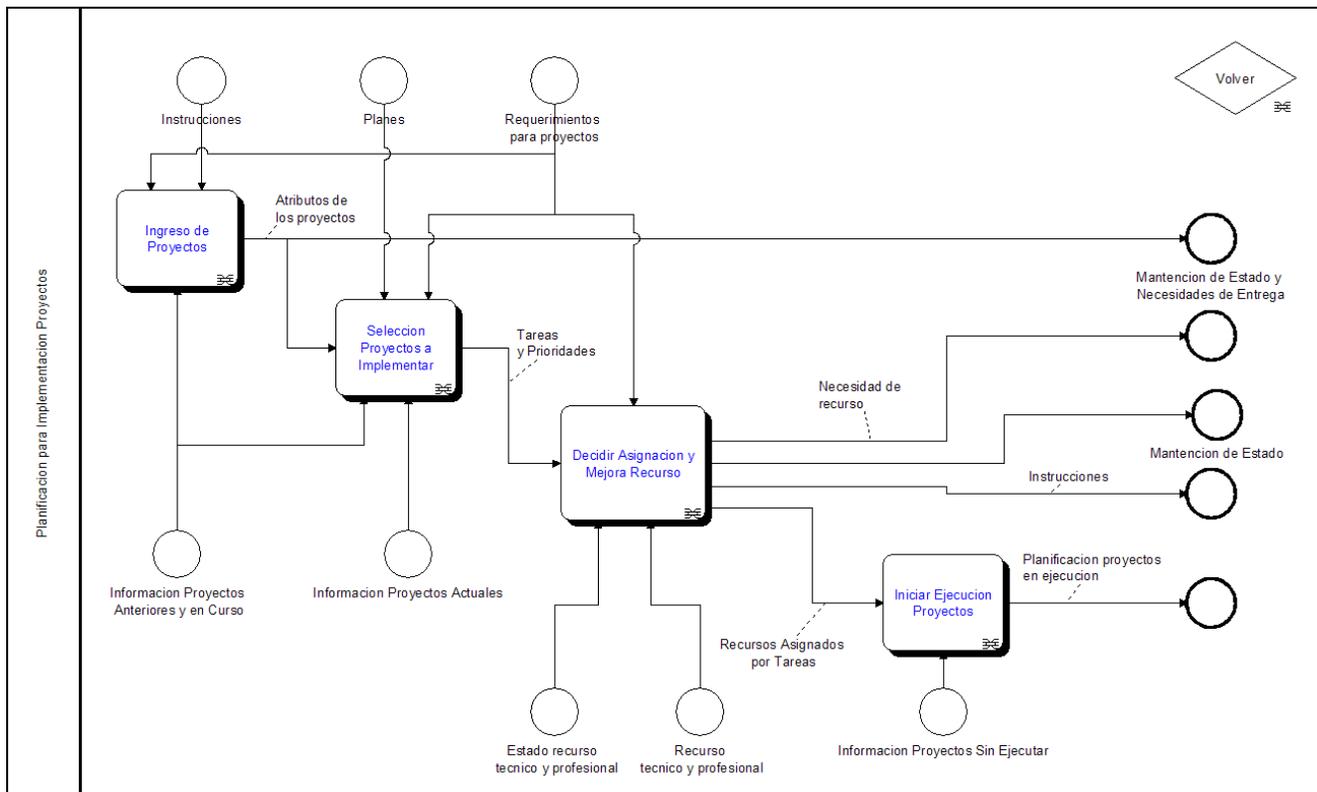


Figura 38: Planificación para Implementación de Proyectos

4.1.1.1 Ingreso de Proyectos

En las figuras siguientes se muestra el diagrama de pistas para el ingreso de proyectos y que considera la incorporación de los atributos relevantes del proyecto (código, nombre, fecha inicio y termino) y de atributos que permitan categorizar al proyecto considerando las características siguientes: Magnitud (pequeño, estándar y grande), Naturaleza (apertura, mejoramiento y ampliación) y Tipo de Servicio (Core, Distribución, NGN, etc.). Junto con esto cada proyecto tendrá una serie de criterios asociados a estas características y que permitirán definir mas en detalle una clasificación que permita a futuro compararlo con otros proyectos realizados y por ende poder utilizar esta información en futuros proyectos.

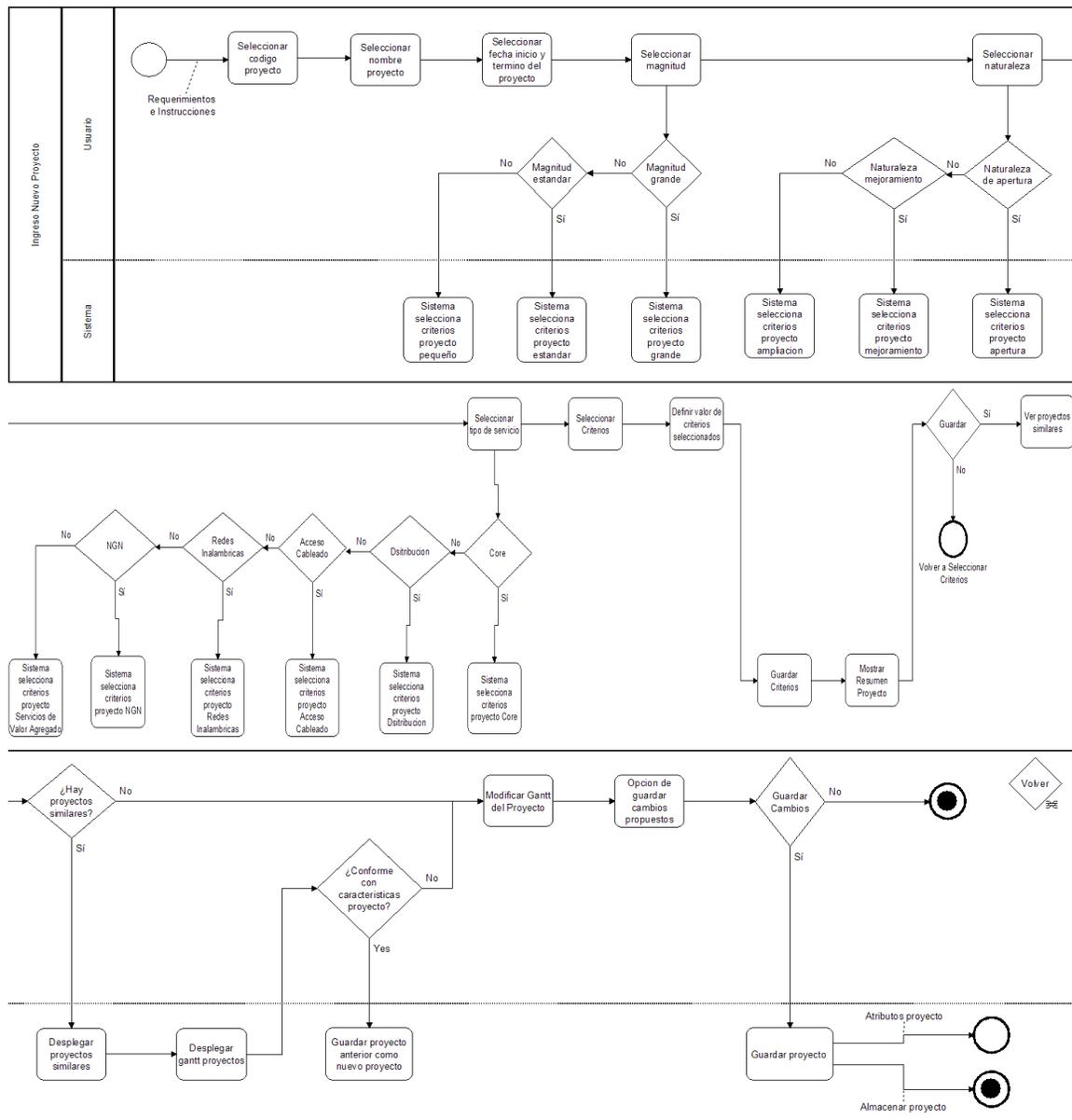


Figura 39. Ingreso Nuevo Proyecto

4.1.1.1.2 Selección Proyectos a Implementar

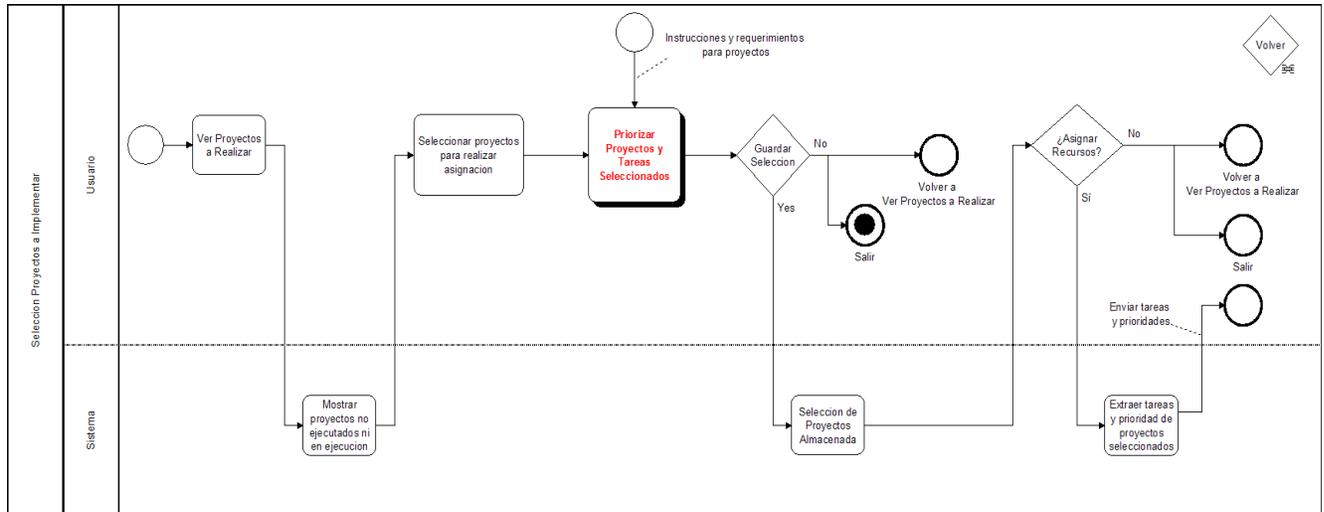


Figura 40. Selección Proyectos a Implementar

Se considera la selección de los proyectos a implementar en un periodo definido de tiempo, y que por supuesto no han sido ejecutados, incorporándoles un nivel de prioridad tanto a los proyectos como a sus tareas, que permitirá posteriormente realizar una asignación experta que considere este atributo, optimizando el uso de recursos.

La definición de prioridad de proyectos y tareas determina cual es el grado de relevancia que tendrán dentro de la cartera de proyectos y tareas de la empresa, y que en principio estará definida como un valor asociado a cada uno dentro de una escala de -10 a 10, donde el numero más negativo (o el menor en el caso de los positivos) es el de mayor importancia.

4.1.1.1.3 Decidir Asignación y Mejora Recursos

Este proceso considera el subproceso necesario para la asignación del recurso a cada proyecto, y mas específicamente a cada tarea dentro de dicho proyecto, uno encargado de decidir la aplicación de incentivos a los recursos y un ultimo subproceso encargado de decidir la capacitación del recurso en caso de ser requerido.

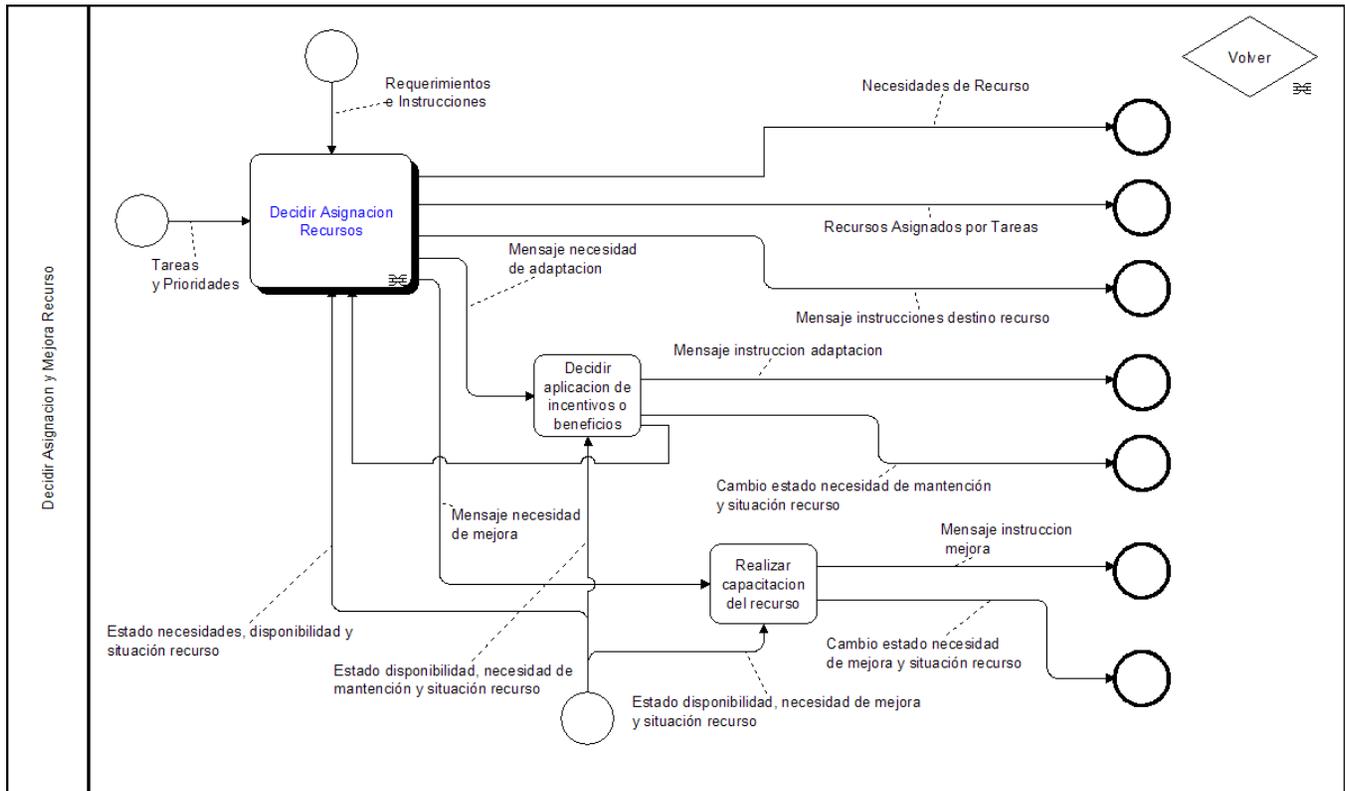


Figura 41: Decidir Asignación y Mejora Recurso

Se puede ver que el más relevante corresponde al primero, “Decidir Asignación Recursos” y que dadas las tareas y requerimientos a implementar, entre otros, entregará las asignaciones de los distintos recursos a cada una de las tareas a implementar. Este proceso está dividido a su vez en 2 subprocesos: “Procesar Necesidades Tareas” y “Asignar y dar Instrucciones a Recursos”, que serán explicados a continuación.

4.1.1.1.3.1 Decidir Asignación Recursos

Antes de llegar a la asignación misma de recursos se diseña un pequeño filtro que entregue un listado de los recursos capacitados para realizar las tareas encomendadas, esto es, que del total de recursos disponibles se tomen aquellos que cumplen por lo menos con la especialidad requerida por alguna de las tareas, por supuesto que en principio se dará que dada la cantidad de tareas (debido a la cantidad de proyectos) a resolver serán elegidos casi o la totalidad de los recursos existentes, pero pudiera darse el caso que no fuese así.

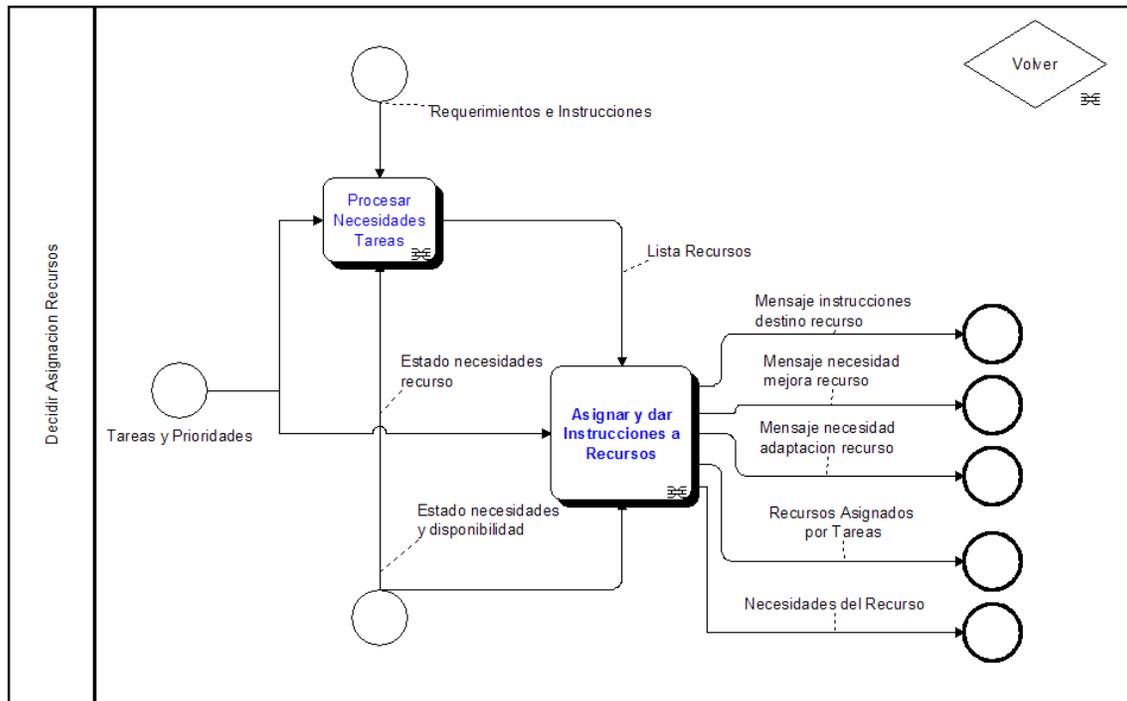


Figura 42: Decidir Asignación Recursos

El proceso de asignación por otro lado, recibe esta lista junto a las tareas a implementar y sus prioridades, y se encarga de efectuar la asignación, así como de generar instrucciones de capacitación o mejora a los recursos en caso de ser requerido por una tarea determinada. A continuación se analizarán ambos procesos.

4.1.1.1.3.1.1 Procesar Necesidades Tareas

El primero de estos subprocesos considera la obtención de los requerimientos y especificaciones de cada proyecto de forma tal de utilizar dicha información (características, duraciones y criterios) para de esta manera determinar una lista preliminar de recursos que cumplen con los requisitos de los proyectos esto de acuerdo a la especialidad de dichos recursos. Enviándose esta lista con los posibles candidatos al subproceso de “asignar y dar instrucciones a recursos” que es donde se encuentra el modelo de asignación.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

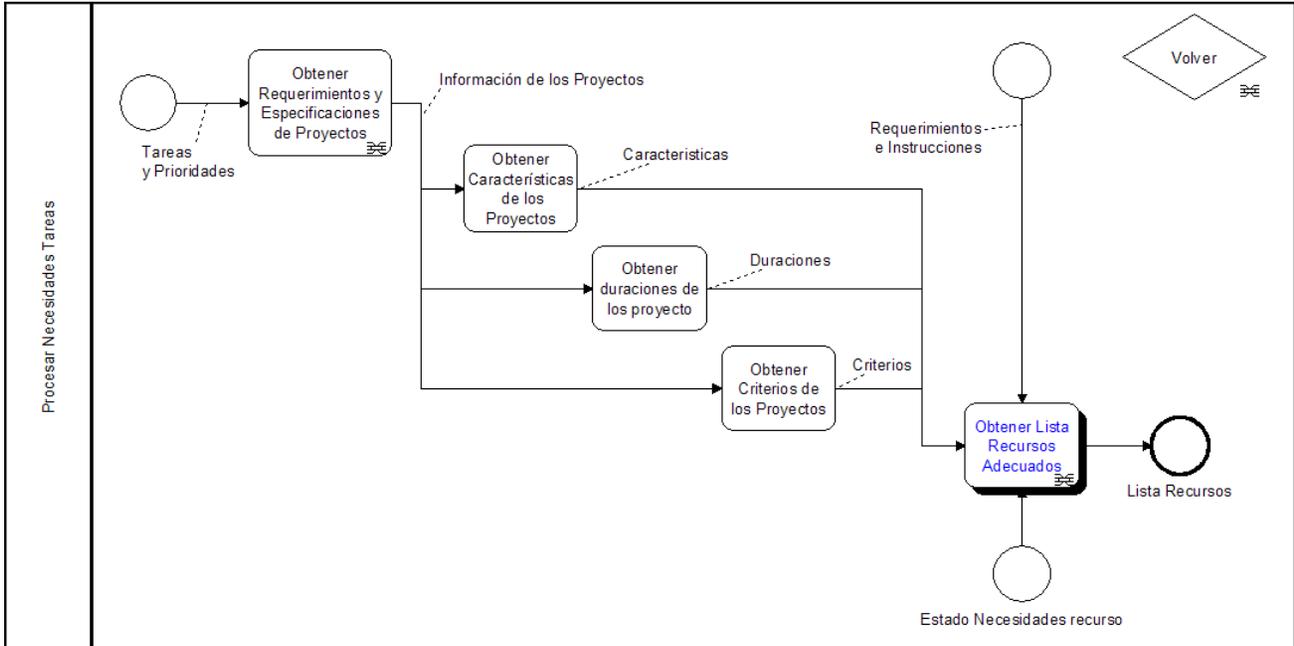


Figura 43: Procesar Necesidades Tareas

El proceso de “obtener la lista de recursos” considera la utilización de la especialidad y habilidad de los recursos, y que realizando una comparación con lo solicitado por cada tarea, es posible si el recurso cumple con los requisitos de al menos una tarea, que es lo básico para poder pertenecer a la lista de recursos a asignar.

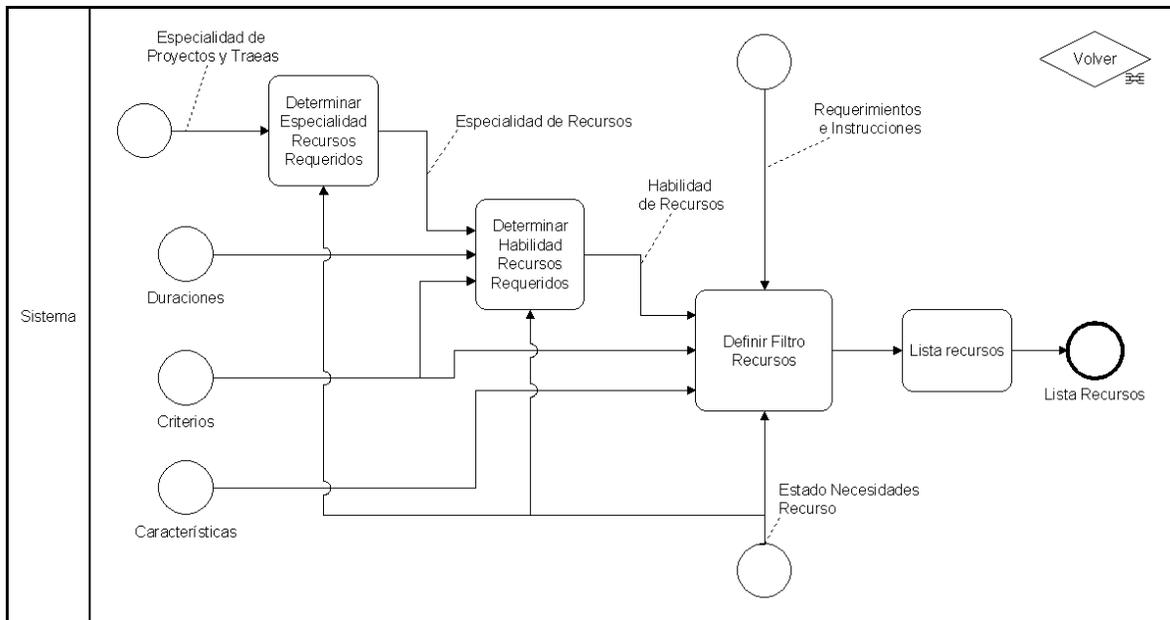


Figura 44: Obtener Lista Recursos Adecuados

4.1.1.1.3.1.2 Asignar y dar Instrucciones a Recursos

En este subproceso final, se asigna y da instrucciones al cada recurso de acuerdo a la lógica que aparece en los 3 subprocesos que lo conforman, y que son: “Determinar Esfuerzo por Tarea”, “Asignar Recursos por Tareas” e “Instrucciones Mejora Recurso”.

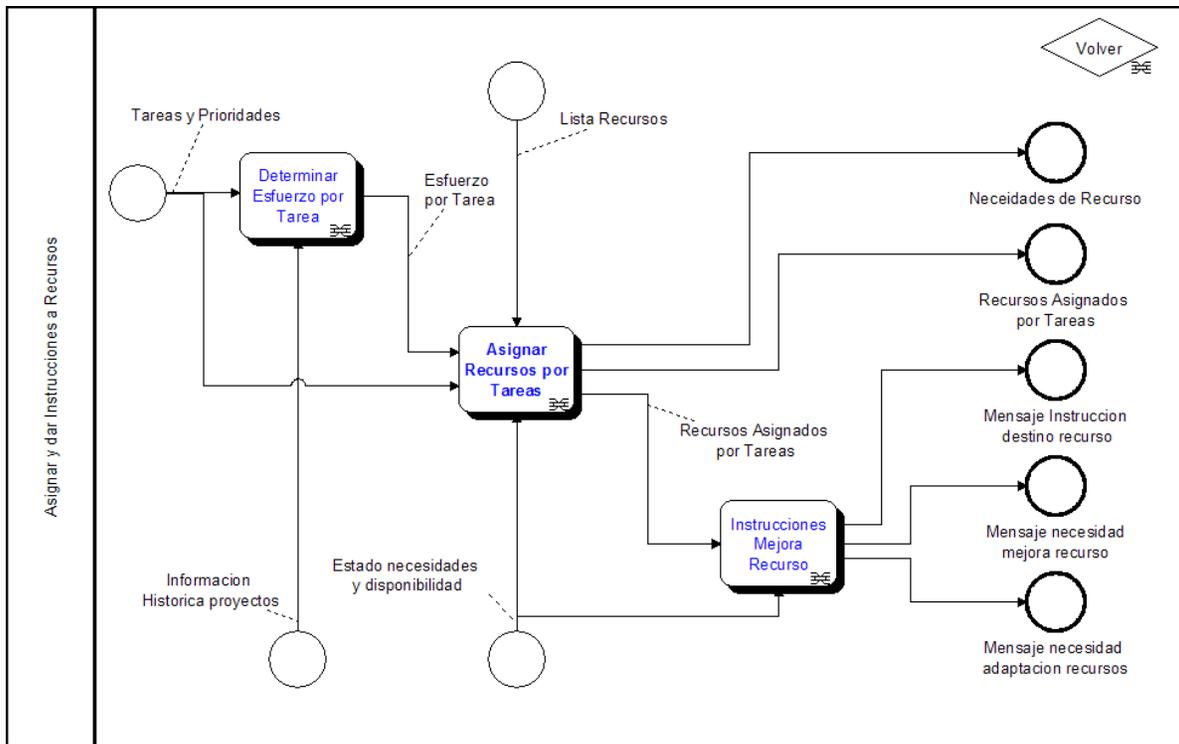


Figura 45: Asignar y dar Instrucciones a Recursos

En los 2 primeros procesos está lo central del sistema de asignación, y donde en el primero se determina el nivel de esfuerzo que se requiere para realizar una tarea determinada por parte de un recurso ideal, esta información es dirigida junto a las de tareas y prioridades y a la lista preliminar de recursos y es entregada al 2do proceso que es donde se encuentra la lógica y será realizado finalmente la asignación de recursos.

A continuación se detallan cada uno de estos 3 procesos.

- **Determinar Esfuerzo por Tarea**

En determinar el esfuerzo por tarea, se tiene que se analizan las características con las cuales se está definiendo el proyecto, y que son: Magnitud, Naturaleza y Tipo de Servicio. Una vez hecho esto se obtienen los criterios asociados a este proyecto y que lo describen mas en detalle, y que mediante los cuales se determinará el nivel de esfuerzo que se deberá realizar para llevar acabo dicha tarea y que será un atributo numérico que ponderado por el atributo de habilidad de cada recurso se obtendrá el nivel de esfuerzo medido en cantidad de horas que dicho recurso deberá utilizar para desarrollar la tarea.

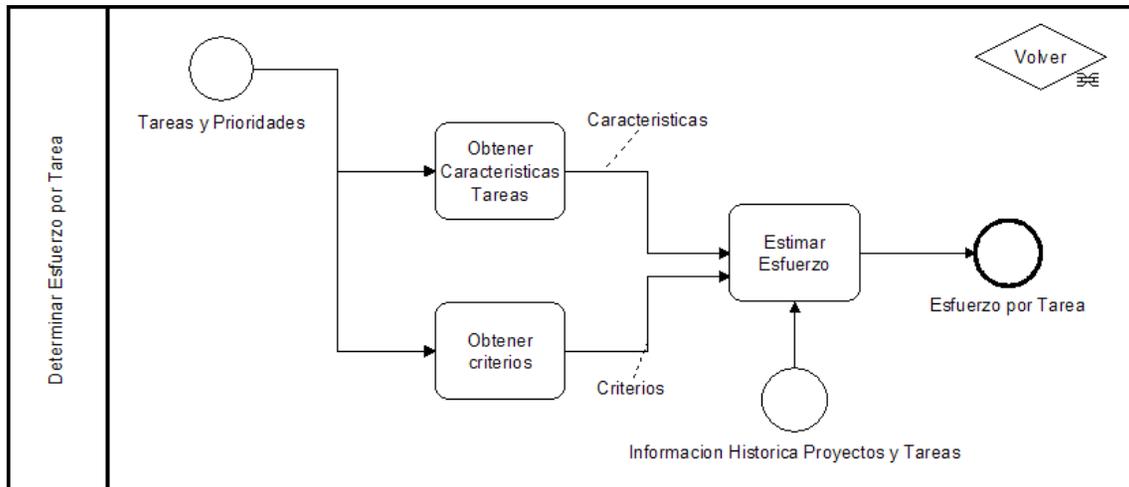


Figura 46. Determinar Esfuerzo por Tarea

- **Asignar Recursos por Tareas**

Luego utilizando el atributo de esfuerzo, sumado a la lista preliminar de recursos a asignar, en la que se incluyen los atributos de cada recurso (especialidad, habilidad, entre otros) mas la información de tareas a realizar y prioridades, proveniente de los otros procesos, y que será utilizada en un modelo de programación lineal para determinar cuales serán los recursos a asignar a las distintas tareas que conforman el proyecto a desarrollar. El detalle del modelo será explicado mas adelante.

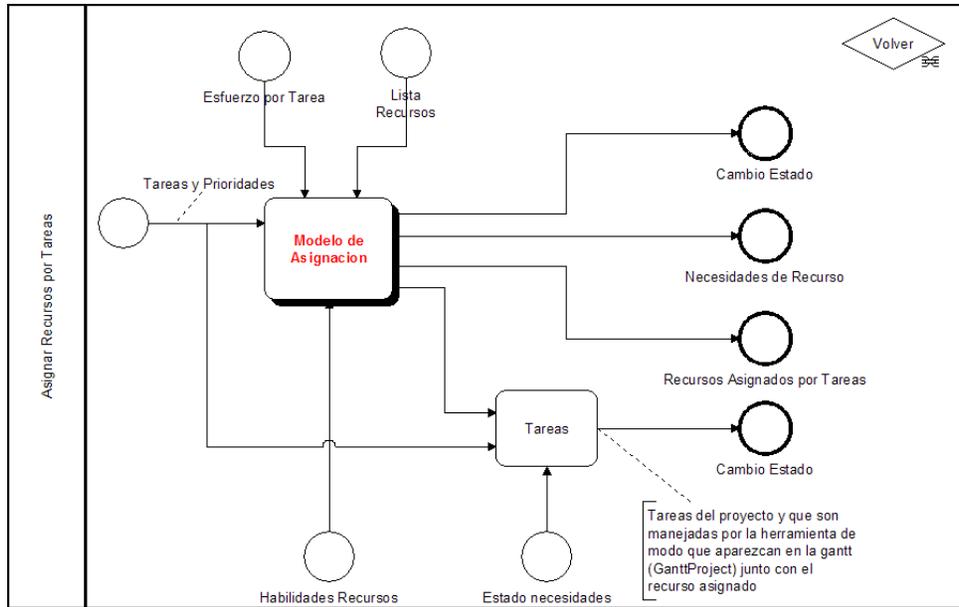


Figura 47: Asignar Recursos por Tareas

▪ Instrucciones Mejora Recurso

Finalmente se le da las instrucciones de mejora a los recursos en caso que requieran de capacitación para la o las tareas que vayan a realizar.

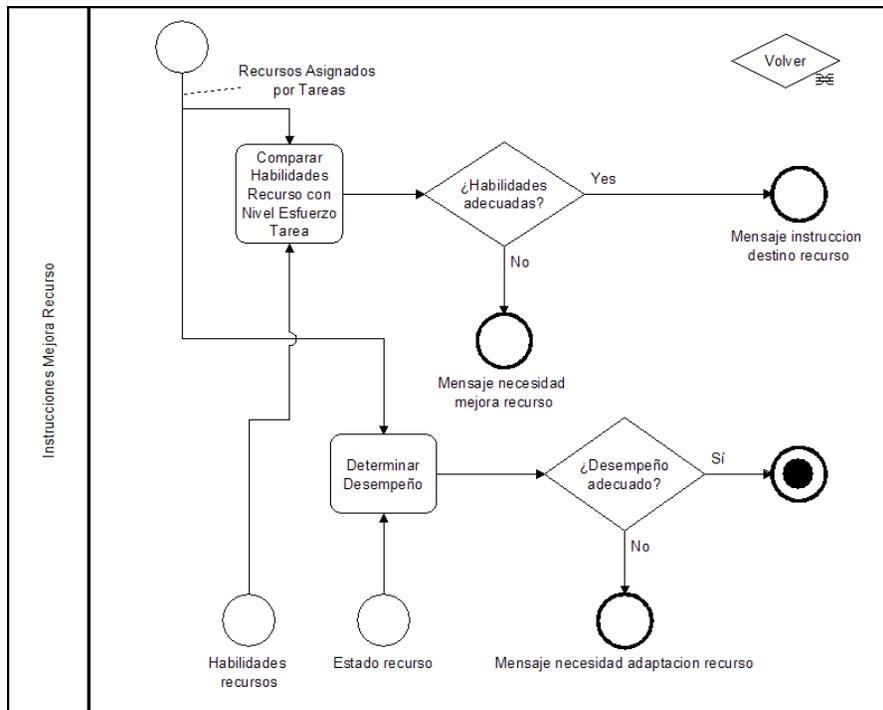


Figura 48: Instrucciones Mejora Recurso

Finalmente y para los procesos de “Decidir Asignación y Mejora Recurso” se deja de manifiesto la opción (ya que por el momento no será considerando dentro del sistema final a implementar) de aplicar incentivos o beneficios a los recursos de acuerdo a su nivel de desempeño dentro de cada proyecto (ver figura 41), con la finalidad de potenciar aun más el desarrollo de proyectos dentro de la empresa; y también estará considerada la opción de realizar la capacitación del recurso de acuerdo al tipo de ámbito que abarca el proyecto y a la(s) tarea(s) específica(s) que deberá llevar a cabo dicho recurso, y que estará dado por la información proveniente del mensaje de “Instrucción Mejora Recurso” que determina si requieren capacitación o no.

4.1.1.1.4 Iniciar Ejecución Proyectos

En este ultimo proceso de “Planificación para Implementación de Proyectos” (ver figura 38) se considera la selección por parte de el responsable de proyectos de todos los proyectos que se desee iniciar su ejecución, y que implica el informar a los recursos asignados a estos proyectos, cuales serán las tareas que deban desarrollar, cuales serán los tiempos de entrega y requerimientos entre otros.

Por supuesto serán informados tanto los jefes de proyectos como los recursos asignados, dando inicio al proceso de “Implementación y Entrega de Proyectos” que considera el seguimiento de cada una de las tareas de acuerdo al tipo de recurso involucrado (jefe de proyecto y técnico o ingeniero de proyectos) y también se considerará el proceso de control que lleva a cabo el responsable de proyectos y que es el que finalmente se encarga de la buena implementación de la totalidad de los proyectos.

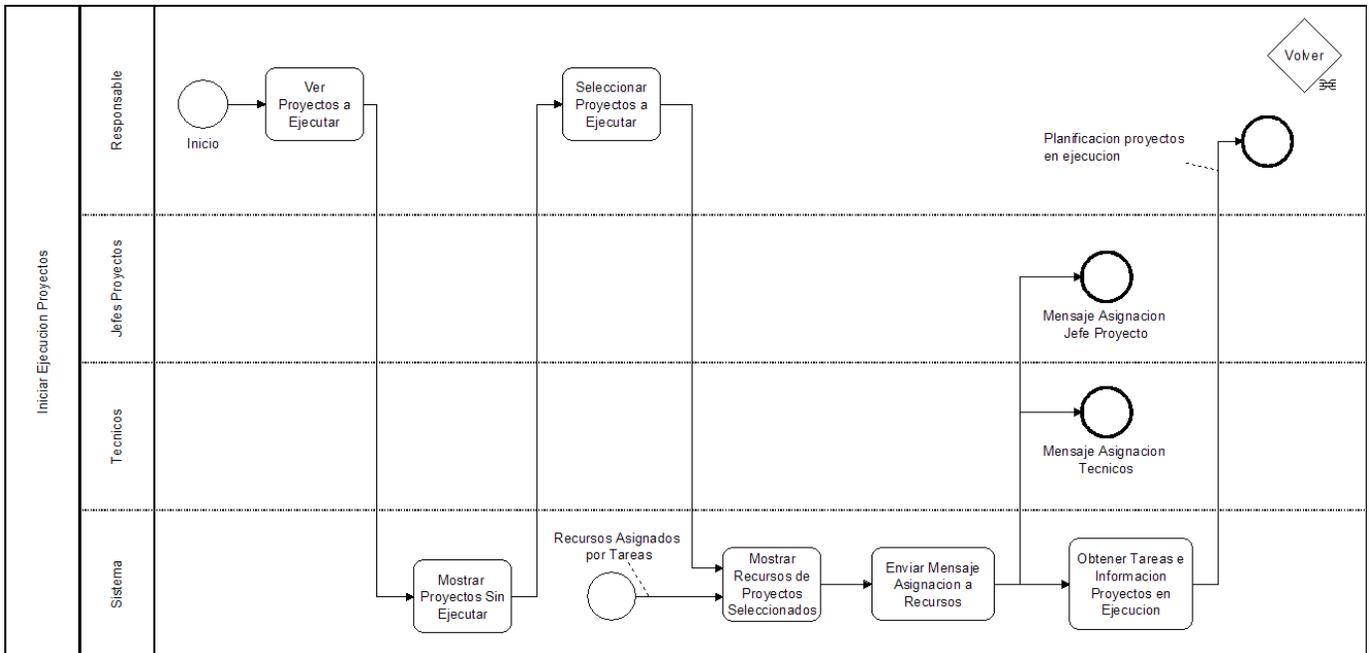


Figura 49. Iniciar Ejecución Proyectos

4.1.2 Implementación y Entrega de Proyectos

El proceso de “implementación y entrega de proyectos” se divide lógicamente en 2 procesos que son implementación y entrega, de los cuales será considerado el primero para efectos del seguimiento y control de proyectos diseñado, dejando el proceso final de entrega al cliente como un proceso de cierre, ya que para el caso de la implementación de soluciones, estas son realizadas físicamente donde se encuentre el cliente o donde este quiera realizarla, y por ende el proceso de entrega ser reduciría a una entrega formal de la implementación junto a un periodo de prueba y capacitación.

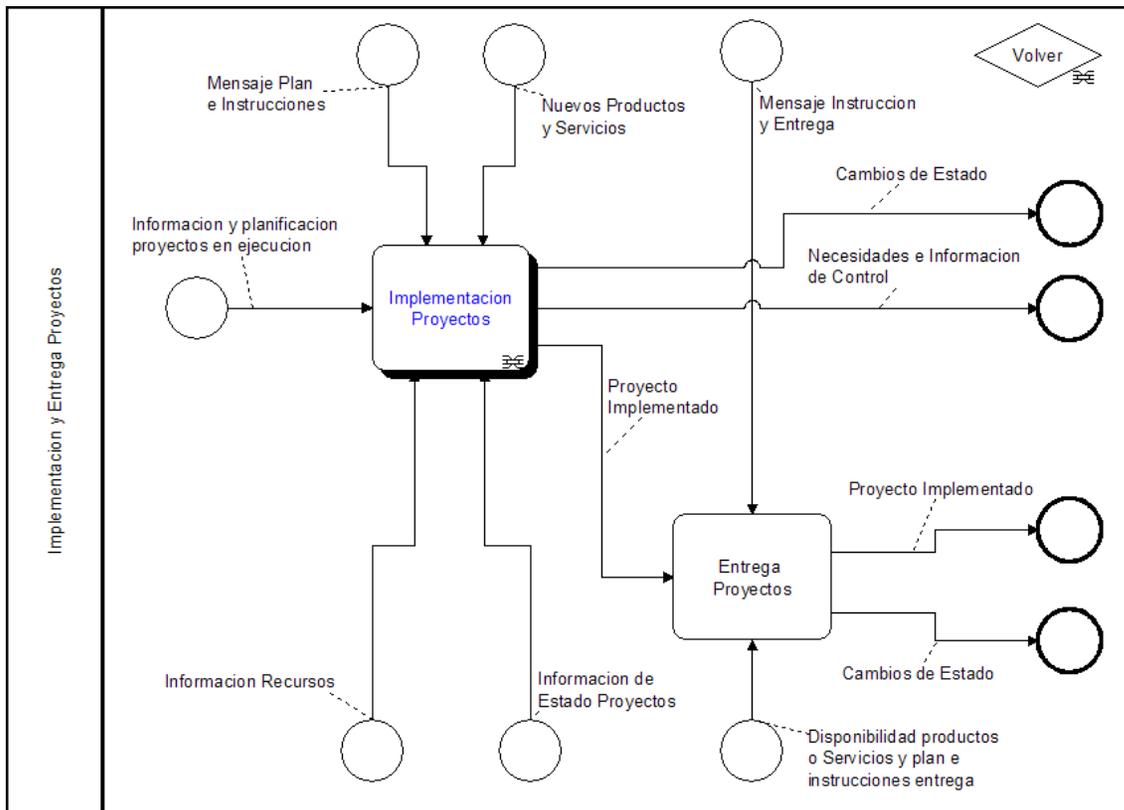


Figura 50. Implementación y Entrega Proyectos

4.1.2.1 Implementación de Proyectos

El proceso consta de 3 subprocesos y que consideran el control de cada uno de los actores relevantes en el manejo de proyectos: responsable, jefes de proyectos y técnicos.

Como se explicó en los 2 puntos anteriores, se ingresa la información de las tareas, instrucciones, asignaciones y nuevos recursos, y son tomados por cada uno de los procesos de control, en particular es el responsable el que recibe la mayor cantidad de información dado que es el que debe tomar las decisiones relevantes respecto al curso de cada proyecto.

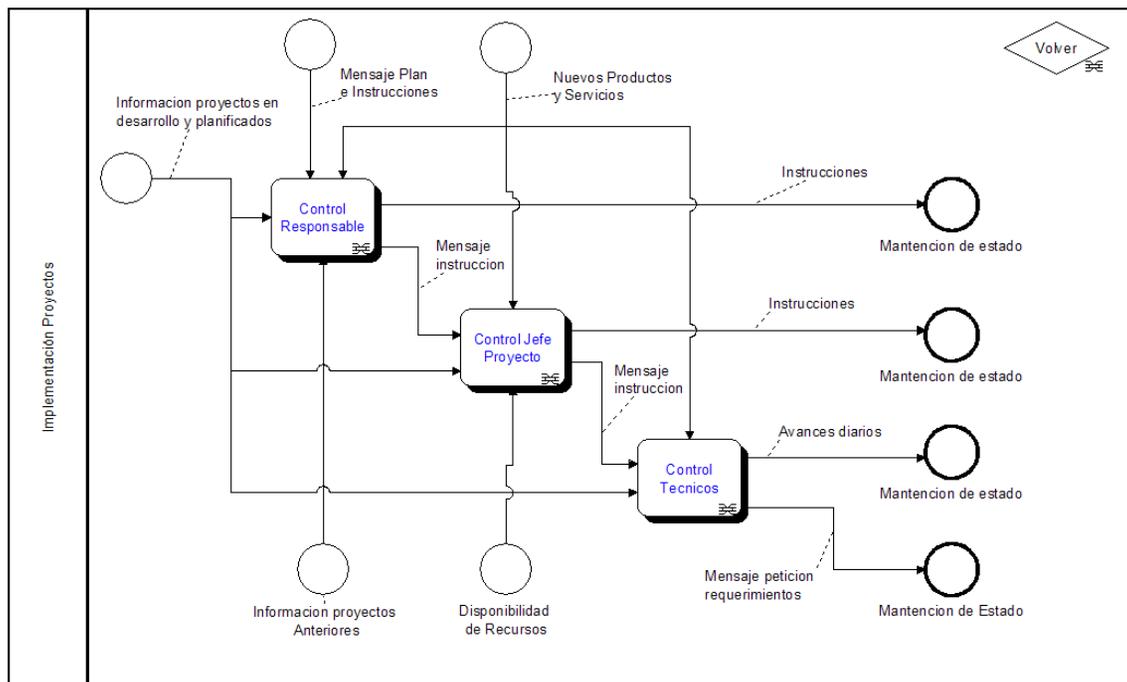


Figura 51: Implementación Proyectos

El responsable también recibirá la información de un repositorio de proyectos anteriores y que al igual como se utilizó la información de proyectos similares al realizar el ingreso de un nuevo proyecto, la información de los proyectos similares será utilizada esta vez para analizar los eventos más importantes de cada tarea a realizar, desde los problemas suscitados, hasta las soluciones utilizadas para resolverlos.

Por otro lado el jefe de proyectos podrá conocer la información existente de antiguas y nuevas herramientas y capacidades que tenga que utilizar los técnicos para llevar a cabo la implementación de cada una de las tareas y por ende del proyecto, esto junto a la información de disponibilidad de cada recurso de forma de poder disponer de alguno en caso de situaciones puntuales, con previa petición al responsable.

Mientras que el con menor acceso a información será el técnico, que simplemente podrá conocer las nuevas herramientas existentes o capacidades existentes, ya que su labor se reduce a la ejecución de las tareas encomendadas.

4.1.2.1.1 Control Responsable

A grandes rasgos el responsable puede acceder al sistema y seleccionar el proyecto en ejecución, o ya ejecutado, que desea seguir, una vez hecho esto podrá ver las tareas que componen dicho proyecto, los plazos y los recursos que la ejecutan, entre otros, por medio de la herramienta gráfica de cartas Gantt utilizada.

Luego podrá modificar los criterios asignados al proyecto inicialmente, en caso de ser necesario, una vez hecho esto, y luego de un análisis realizado al estado del proyecto, podrá tomar decisiones que van desde el cierre del proyecto, hasta el pausarlo momentánea o permanentemente.

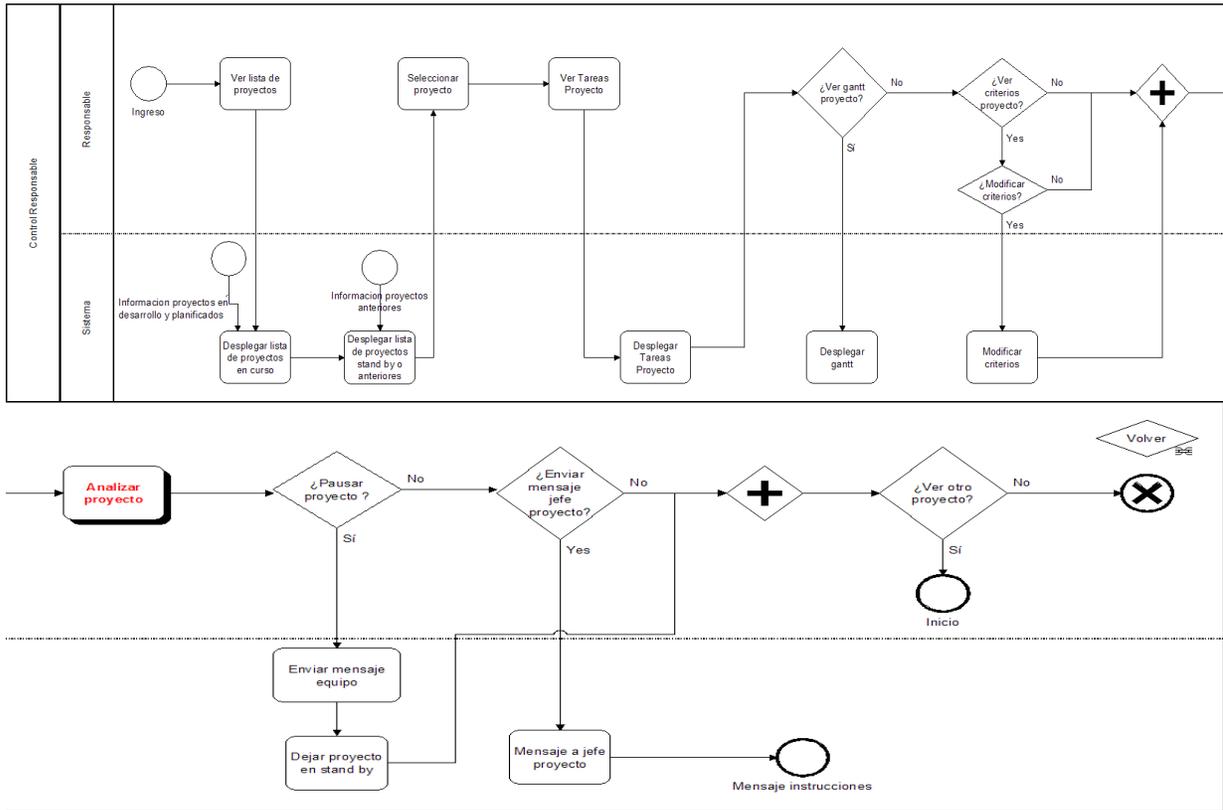


Figura 52. Control Responsable

Podrá comunicarse tanto con los jefes de proyectos como con los recursos encargados de las tareas, por medio de mensajes enviados por medio de la herramienta hacia una cierta casilla de correo que sea utilizada como medio de comunicación.

4.1.2.1.2 Control Jefe de Proyectos

En el caso del responsable, este puede buscar aquellos proyectos en ejecución que actualmente está desarrollando, o los proyectos anteriores que sean similares a estos para poder utilizar dicha información en la ejecución de los actuales.

Una vez seleccionado el proyecto podrá visualizarlo por medio de la herramienta grafica utilizada y podrá ver las tareas a realizar por cada proyecto, las duraciones de cada tarea y los recursos que las están implementando.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

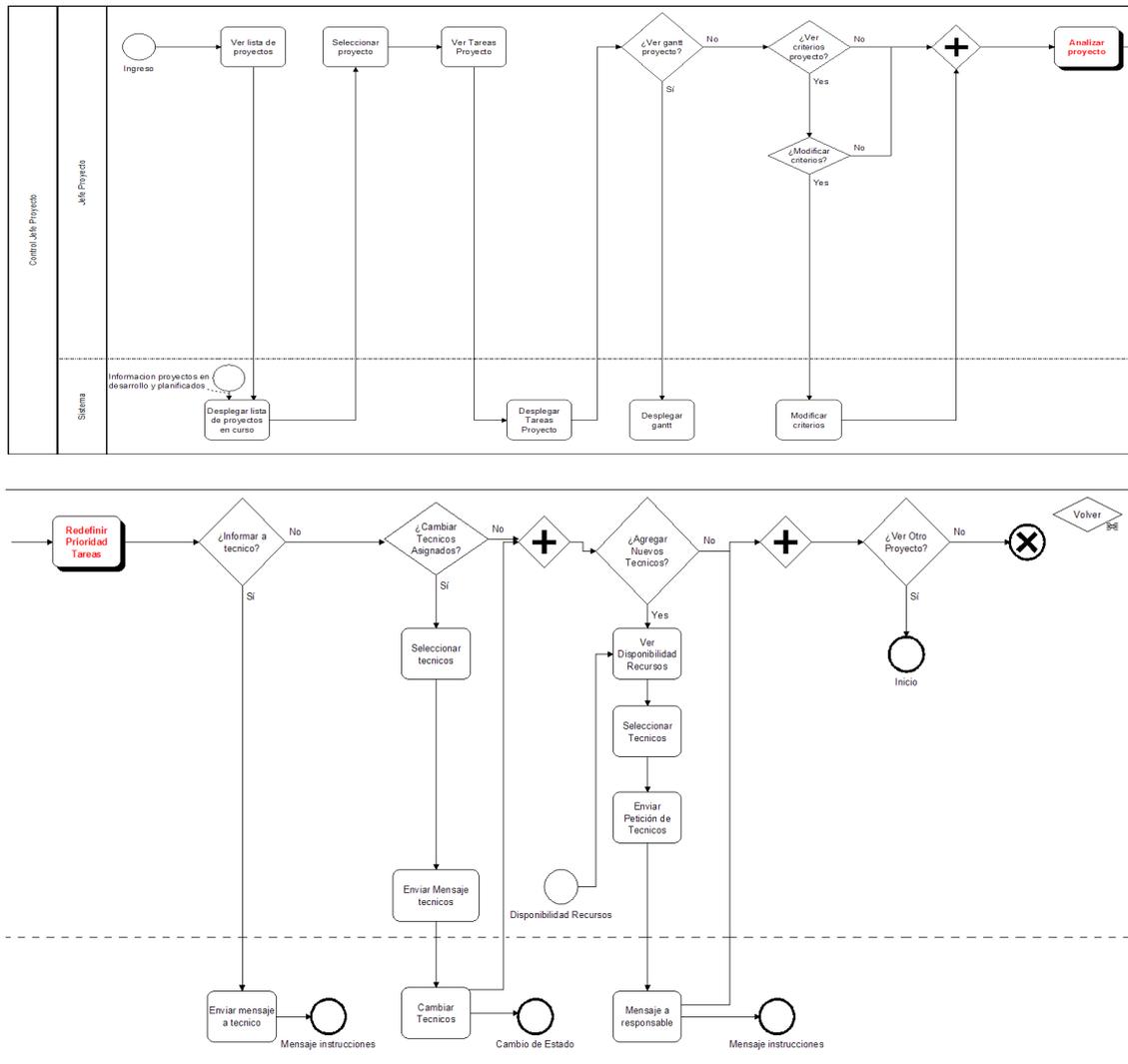


Figura 53: Control Jefe Proyecto

Luego, durante el seguimiento recibirá alertas e información proveniente tanto de los técnicos que tiene a cargo para cada proyecto, como las instrucciones del responsable de proyectos, que lo harán tomar decisiones a seguir respecto a la implementación de sus proyectos y por ende del desarrollo de cada tarea, entre los que se cuenta el modificar las prioridades que tienen ciertas tareas, y que se puede traducir en una reasignación de recursos para llevar a cabo la tarea prioritaria lo más rápidamente posible.

4.1.2.1.3 Control Técnico

Por último el técnico o ingeniero de proyectos accederá a la tarea que se encuentra desarrollando, y verá los mensajes o instrucciones enviadas ya sea por el jefe de proyectos como por el responsable, podrá ver el nivel de completitud de la tarea que desarrolla y que el

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

mismo esta encargado de registrar, y podrá especificar si requiere tiempo adicional para realizar la tarea, mensaje que será enviado al jefe de proyectos y si lo amerita, al responsable. Luego, actualizará el estado de avance de la tarea y podrá llenar una bitácora que considere los aspectos más relevantes que tuvo que realizar durante el desarrollo.

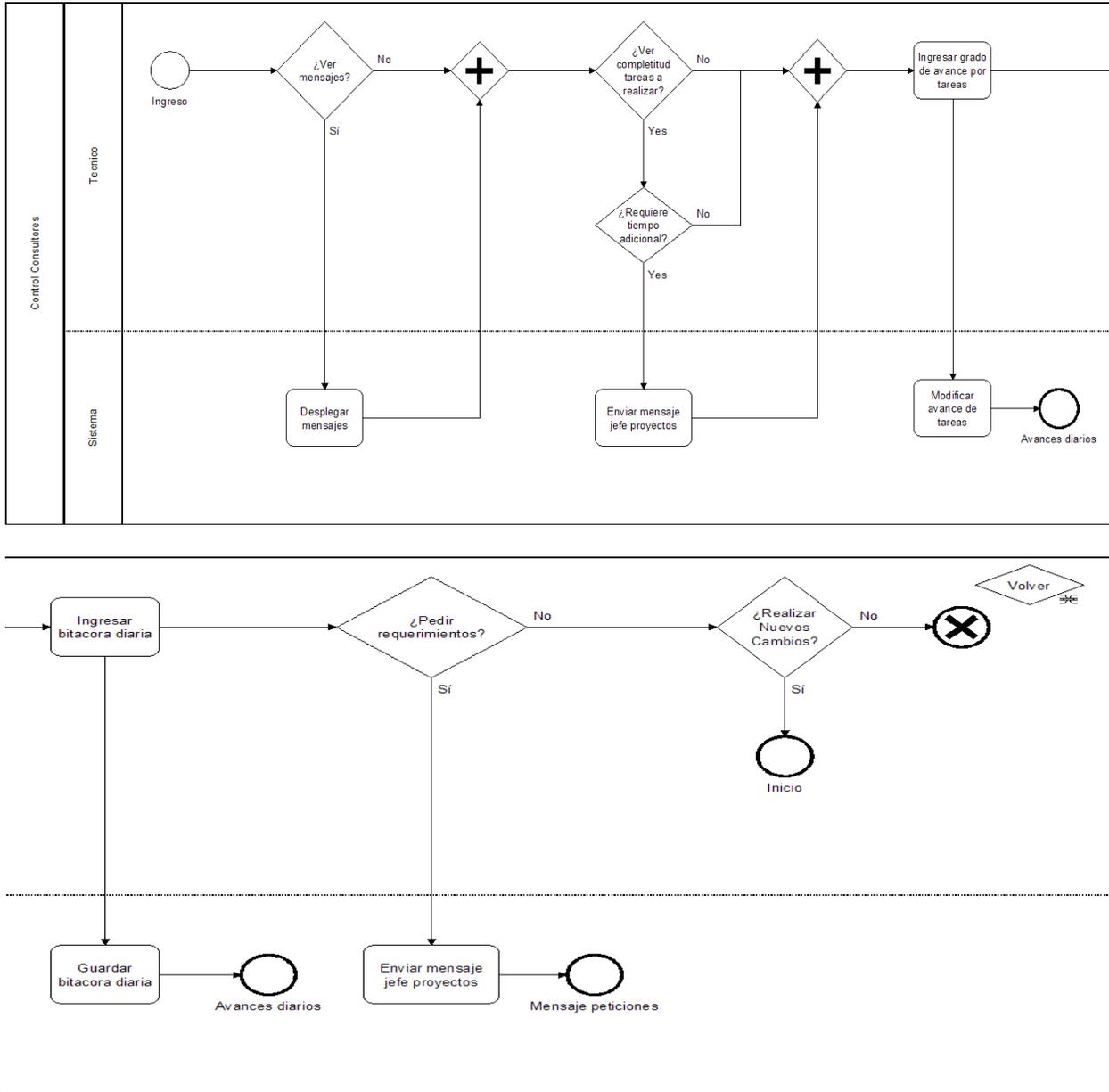


Figura 54: Control Técnico

4.2 Proceso de Asignación de Técnicos

En esta sección se describe la lógica de los procesos que hacen posible la asignación de recursos, una vez conocidos los proyectos que se desean ejecutar. Esto con el fin de establecer elementos para generar una correcta asignación, entre los que se encuentran: especialidad y habilidades; nivel de experiencia; dependencia de tareas; prioridad de tareas; dificultad de tareas (Esfuerzo); costo de recursos y presupuesto.

4.2.1 Lógica de Prioridad de Tareas

En principio, la determinación de la prioridad de cada tarea, así como la de cada proyecto, está definida por el criterio del responsable, el cual luego de visualizar todos los proyectos (y tareas) a implementar en un plazo definido de tiempo, podrá asignar las prioridades correspondientes, de acuerdo a criterios como el tamaño, costos, plazos, etc.

4.2.2 Calculo de Esfuerzo

Para el caso del esfuerzo, se obtiene este atributo de las tareas similares encontradas en el historial de proyectos (y tareas). De esta forma el esfuerzo asignado estará abalado por la experiencia ganada durante la realización de un número importante de proyectos, y corresponderá a un atributo numérico obtenido de un promedio de los tiempos que ha tardado en realizar una tarea particular, eliminado los tiempos perdidos en factores externos, lo que deja como resultado un numero de horas mínimo en el cual se podría dejar realizada dicha tarea, es decir, si la realizara un recurso ideal y sin perdidas de tiempo adicional.

4.2.3 Lógica de Asignación de Recursos

Luego de evaluar varias opciones de posible asignación se realiza una asignación que implica el planteamiento de un Problema de Programación Lineal (PPL), con la búsqueda de minimizar el costo total de los proyectos a implementar, sujeto a una serie de restricciones, de dependencia de tareas, presupuesto, prioridad, entre otras.

En los puntos siguientes se muestran las consideraciones tomadas para la formulación del problema y el modelo inicial propuesto para estos efectos.

4.2.3.1 Consideraciones

Se desea construir un programa capaz de asignar recursos, dentro de un periodo de n meses, a un conjunto de proyectos de instalación en telecomunicaciones. Cada proyecto cuenta con un conjunto de j tareas, donde cada tarea tiene los siguientes atributos:

1. **Especialidad:** Que tipo de recursos pueden ejecutar dicha tarea, y que se pueden definir como desde el punto de vista del tipo de servicio de dicha tarea, por ejemplo: Core, Distribución, Acceso Cableado, entre otras.
2. **Dependencia:** Orden existente entre cada tarea dentro de un proyecto, una tarea no puede ser realizada sin que la tarea de la cual depende no a sido realizada.
3. **Esfuerzo:** Atributo numérico definido del nivel de trabajo que requiere una cierta tarea para ser realizada por un recurso ideal, de forma tal que al ser ponderado por un atributo del recurso destinado (la habilidad), entrega el número de horas que debe destinar dicho recurso al desarrollo de la tarea. (Ejemplo: Esfuerzo de la tarea j (E_j) es 5 y el recurso tiene habilidad (HR_{ij}) de 2, entonces al dicho recurso le toma 10 hrs. realizar dicha tarea)

Cada tarea y cada proyecto poseen un tipo de prioridad (-10 más prioritario y +10 menos prioritario), y dadas 2 tareas (o proyectos) a ser realizados en un mismo periodo de tiempo (o en los que se produzcan traslape de tareas), se asignaran los recursos a la tarea (proyecto) de mayor prioridad.

Cada recurso posee una o más especialidades que lo facultan para realizar un tipo de tarea determinada, y dispone diariamente de un cierto número de horas diarias para realizar dicha tarea.

Junto con esto posee un nivel de habilidad asociada a la especialidad de dicho recurso, por defecto es 1, esta habilidad ponderada por el esfuerzo de la tarea entrega el numero de horas en que la tarea será realizada por el recurso.

Por supuesto si el numero de horas de que dispone el recurso es menor al numero de horas de la tarea que le fue asignada, entonces el recurso deberá ser asignado a dicha tarea para un numero de días que cumpla con la cantidad de horas que requiere dicha tarea.

Junto con esto cada recurso tiene un costo asociado medido en \$/hr, existiendo 2 tipos de costo dependiendo de si el recurso es de planta o externo, y que son costos fijos y costos variables de forma tal que siempre se privilegiará la utilización de recursos de planta por sobre los externos, ya que serán claramente más caros.

Cada proyecto tiene un cierto grado de holgura (h) medido en hrs. y que permite ajustar los tiempos de cada tarea en caso de retrasos, y que por supuesto es parte de lo que se quiere evitar.

El objetivo final es minimizar el costo de los proyectos dentro del periodo de n meses, sujeto a las restricciones anteriores y al hecho de que se debe aprovechar la totalidad de los recursos disponibles para evitar el recurso ocioso, es decir, diariamente cada recurso debe tener asignado una tarea a realizar, y para evitar que se produzcan días en los que un recurso quede con horas de “ocio” se realizara una asignación por horas, es decir, se vera hora a hora si el recurso tiene o no asignada una tarea determinada, disminuyendo aún más la posibilidad de “tiempos muertos”.

4.2.3.2 Modelo Propuesto

De las consideraciones anteriores se crea un modelo de programación lineal²⁹ [12] que considera 1 variable de decisión y 5 restricciones, y que se puede ver a continuación:

- **Variables de Decisión**

$$X_{ij}^t = \begin{matrix} 1 & \text{Si recurso } i \text{ es asignado a tarea } j \text{ en la hora } t \\ 0 & \sim \end{matrix}$$

- **Restricciones**

$$\text{Holgura} \quad \sum_{it} X_{ij}^t \cdot a_{ij} - T_j \leq Z_j \quad \forall j$$

Donde a_{ij} es el esfuerzo que le toma al recurso i realizar la tarea j y esta dado por la ponderación de: $E_j * HR_{ij}$, donde E_j es el esfuerzo que requiere la tarea j para ser realizada por un recurso ideal (habilidad $HR = 1$), y HR_{ij} es la habilidad del recurso i para realizar la tarea j (si es 0 significa que no puede ejecutar la tarea, si es 1 es recurso ideal, y del 2 al 10 tiene habilidades normales, donde mientras mayor numero menor habilidad).

Por otro lado T_j es el tiempo fijado para que la tarea j sea realizada, con lo cual z_j es la holgura resultante.

²⁹ Corresponde a un procedimiento o algoritmo matemático mediante el cual se resuelve un problema indeterminado. Este será formulado a través de ecuaciones lineales de manera de optimizar, ya sea minimizando o maximizando, una función objetivo también lineal, de forma tal que las variables de dicha función estén sujetas a una serie de restricciones expresadas mediante un sistema de inecuaciones.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Recurso
$$\sum_j X_{ij}^t = 1 \quad \forall i, t$$

Esta restricción considera el hecho que un recurso no puede ejecutar más de una tarea j en un mismo periodo de tiempo t .

Duplicación
$$\sum_{ij} X_{ij}^t \leq 1 \quad \forall t$$

Esta restricción considera el hecho que una tarea no puede ser realizada por más de un recurso.

Dependencia
$$X_{ij^*}^t + X_{ij^{**}}^{t+1} = 2 \quad \forall i, t$$

Esta restricción define las dependencias existentes entre las tareas j^* y j^{**} existentes dentro de los proyectos a implementar de forma que j^* debe ser ejecutada previamente a j^{**} .

Presupuesto
$$\sum_{ij} Z_{ij}^t \cdot ch_j^t + \sum_{ij} X_{ij}^t \cdot P_j \cdot c_{ij} \leq Pr$$

La restricción de presupuesto toma en cuenta que la suma de los costos de asignación, $\sum_{ij} X_{ij}^t \cdot c_{ij}$, y de los costos de holgura, $\sum_{ij} Z_{ij}^t \cdot ch_j^t$, no deben superar el valor de presupuesto definido para la implementación de los proyectos, Pr .

Por otro lado la restricción de especialidades estará definida en la creación de subconjuntos $rel(i, j, t, l)$, donde l representa la especialidad del recurso i , al momento de programar el modelo en la herramienta GAMS. Cada uno de ellos definirá relaciones que determinen si el recurso i puede realizar la tarea j en t .

Función Objetivo
$$Min \sum_{ijt} X_{ij}^t \cdot c_{ij} + \sum_{jt} Z_j^t \cdot ch_j^t$$

Finalmente se muestra en la función objetivo del modelo que busca minimizar los costos de asignación totales, la suma de los costos de asignar recursos durante los tiempos acordados más los costos incurridos durante los tiempos de holgura.

4.3 Diseño en UML de la Herramienta

4.3.1 Casos de Uso

4.3.1.1 Diagrama de Casos de Uso

El diagrama de casos de uso considera la presencia de 4 actores relevantes y que fueron también mencionados durante la descripción de los procesos a realizar y que son: Responsable, Jefe Proyecto, Técnico y Sistema.

Junto con esto los casos de uso diseñados toman desde el ingreso de nuevos proyectos hasta el control y seguimiento de tareas. A continuación se muestra el diagrama de casos de uso que muestra las relaciones entre estos y los actores antes mencionados:

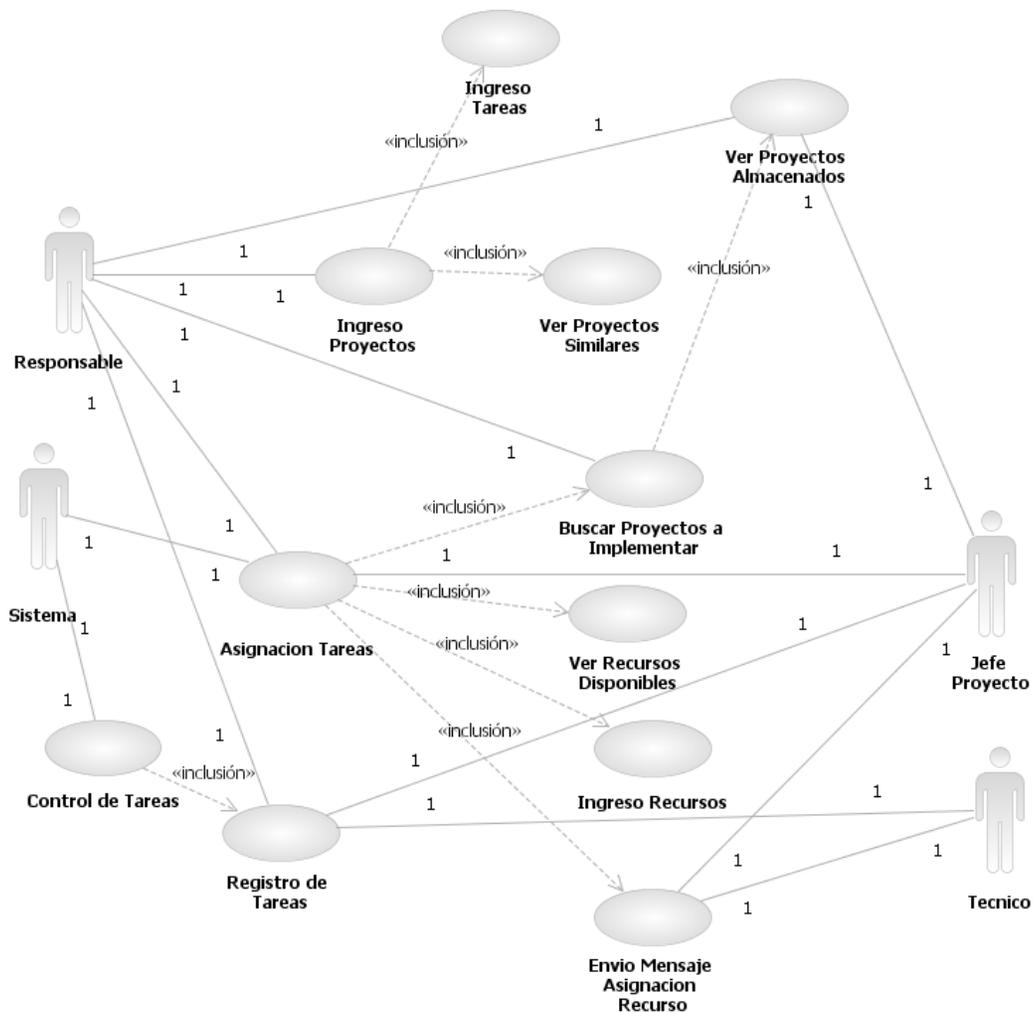


Figura 55: Diagrama de Casos de Uso

A continuación se detallarán cada uno de los casos de uso ilustrados en el diagrama anterior.

4.3.1.2 Detalle de los Casos de Uso

1. Ingreso Proyectos

Toma en cuenta el ingreso de los datos de cada nuevo proyecto a implementar, y de su posterior almacenamiento en un repositorio de proyectos.

2. Ingreso Tareas

Durante el ingreso de un nuevo proyecto se podrán extraer las tareas que componen dicho proyecto y que estarán almacenadas en un repositorio diferente del de proyectos, pero teniendo siempre la conexión al proyecto al que pertenecen.

3. Ver Proyectos Similares

Tiene relación directa con el caso anterior ya que es mediante esta funcionalidad, que es posible obtener las tareas que componen a un nuevo proyecto dado que este haya tenido un proyecto similar del cual poder extraer la información de tareas necesaria para la implementación del proyecto.

4. Ver Proyectos Almacenados

Permite ver simplemente aquellos proyectos del repositorio de proyectos que hayan sido realizados con posterioridad o aquellos que estén en desarrollo.

5. Asignación Tareas

Es de gran relevancia ya que constituye el proceso de incorporación de recursos a cada una de las tareas a implementar de manera óptima, es decir, incrementando el uso de recursos de manera de disminuir los tiempos ociosos, aumentando la productividad. También llamado asignación de recursos a tareas, contempla la búsqueda de proyectos y por ende tareas a implementar, junto con la utilización de los recursos disponibles, y el ingreso de recursos nuevos o de apoyo, que serán utilizados en un modelo de asignación que entregue como resultado las asignaciones de los distintos recursos a cada una de las tareas, y que por último se les notifica de dicha asignación por medio de un mensaje por una vía de comunicación como el correo electrónico.

6. Buscar Proyectos a Implementar

Utilizando una búsqueda similar a la de los proyectos almacenados, salvo que considera que el estado del proyecto deba estar en “Ejecución”, este caso de uso forma parte del proceso de asignación.

7. Ver Recursos Disponibles

Permite realizar la búsqueda de recursos disponibles desde el repositorio de recursos, junto con lo cual se determinará inicialmente cuales son adecuados para realizar las tareas encomendadas, y que por ende entrega solamente los recursos que estén capacitados. También se considerará su capacitación en caso de ser necesario.

8. Ingreso Recursos

Forma parte del proceso de asignación de manera que permite la incorporación de nuevos recursos (técnicos o jefes de proyectos) y que son ingresados al repositorio correspondiente para ser posteriormente incorporados al proceso de asignación.

9. Envío Mensaje Asignación Recurso

Una vez realizada la asignación se envía un mensaje destinado a cada recurso asignado informándole de su tarea a realizar y de todos aquellos aspectos que esta implica, como el tiempo estimado, requerimientos, consideraciones iniciales, etc., de manera de introducirlo en su nueva tarea.

10. Control de Tareas

Una vez que se ha realizado la asignación de recursos, y que posteriormente se ha iniciado la ejecución de los proyectos, se ejecuta el control y seguimiento de las tareas. Por un lado se tiene que el responsable se encarga del manejo global de los proyectos corroborando que se cumplan los plazos y requerimientos generales, dando instrucciones a los distintos jefes de proyectos. El jefe de proyectos sigue la implementación de cada una de las tareas de manera tal que cada uno de los técnicos involucrados reciba las instrucciones de implementación. Finalmente cada técnico registra sus avances diarios en el sistema y envía peticiones a su jefe de proyectos en caso de requerirlo.

11. Registro de Tareas

Es precisamente el registro de incidencias, problemas y soluciones generadas diariamente durante el desarrollo de una tarea, y que tiene por finalidad entregar dicha información a futuras implementaciones en las que se puede requerir el uso de estos registros.

4.3.2 Diagramas de Secuencia

Se muestra en la figura siguiente el diagrama de secuencia que abarca en forma general a la aplicación de “ingreso de proyectos, asignación y control de recursos”, de manera tal de entregar una visión macro de los procesos llevados a cabo.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

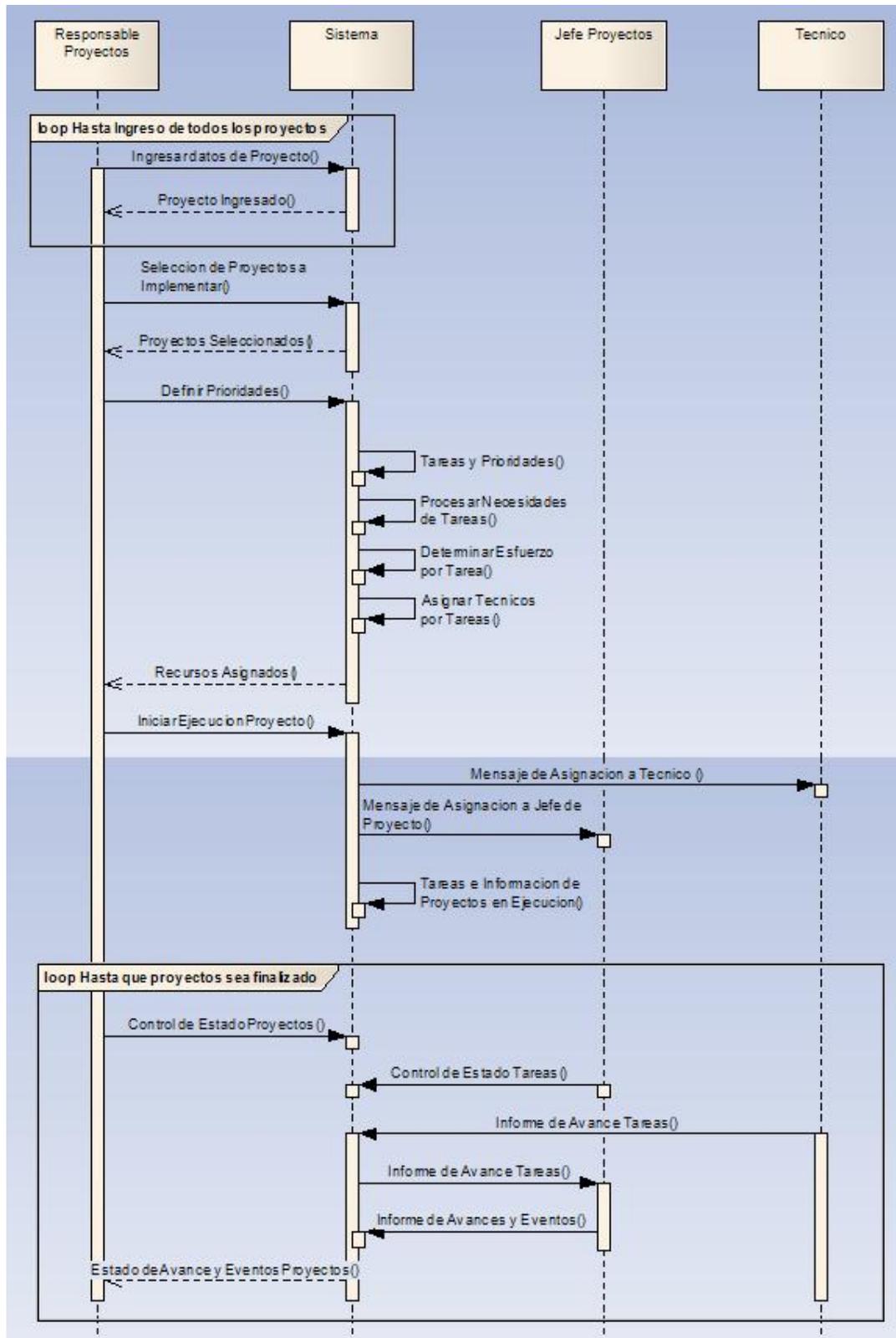


Figura 56: Diagrama de Secuencia de la Aplicación “Ingreso de Proyectos, Asignación y Control de Recursos”

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

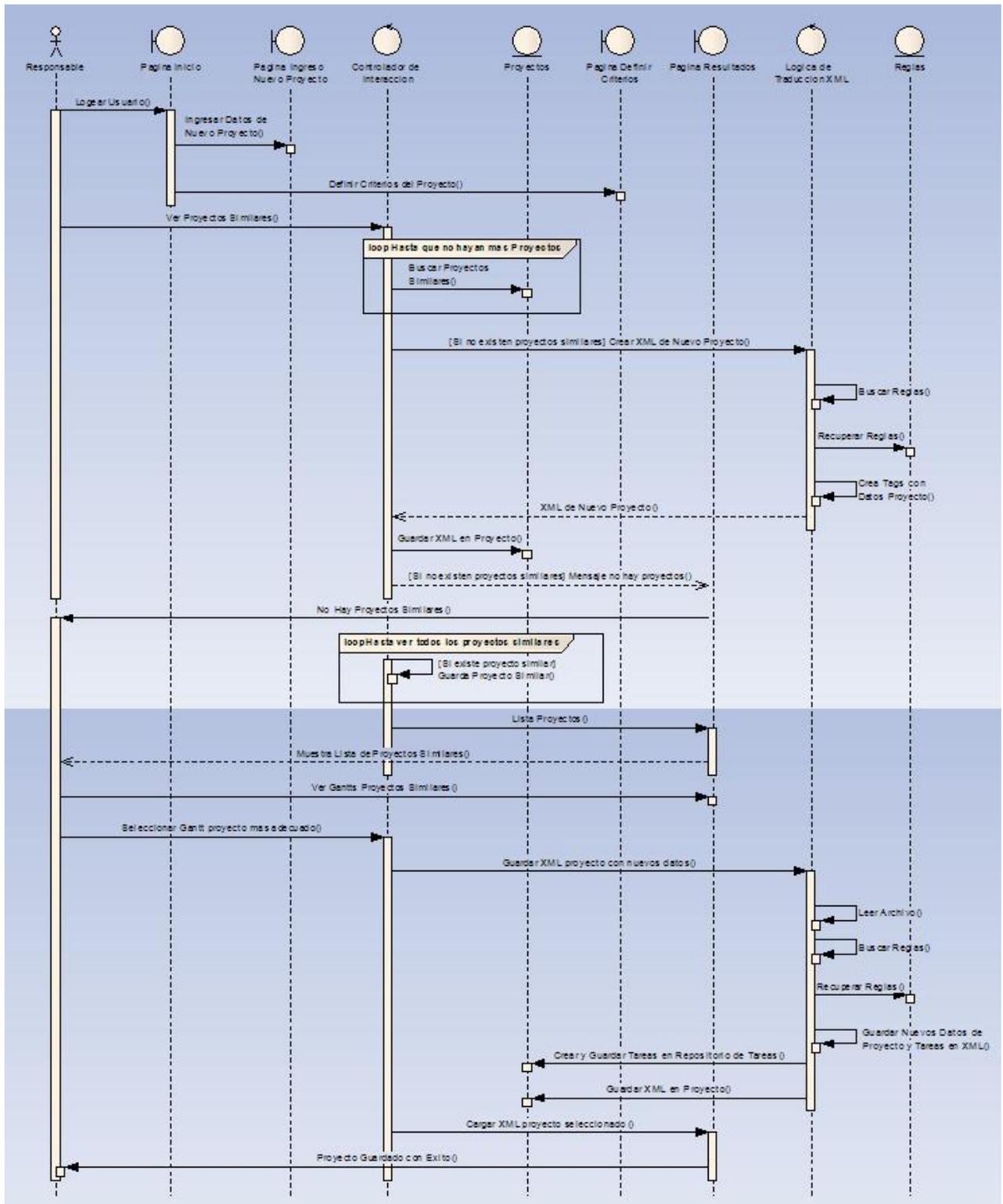


Figura 57: Diagrama de Secuencia “Ingreso de Nuevo Proyecto”

El diagrama anterior detalla la secuencia de ingreso de cada nuevo proyecto al sistema, de forma tal de permitir su clasificación inmediata de acuerdo a las características y criterios definidos para el proyecto ingresado. Junto con esto se buscan los proyectos más parecidos al proyecto que se está ingresando (en cuanto a características y criterios), procediendo a ver las cartas Gantt de cada proyecto similar, y una vez elegido el más adecuado, se procederá a guardar dicha información contenida en la Gantt, y que se encuentra en un archivo XML, de manera que se almacene tanto el XML (con las modificaciones respectivas para ajustarlo al nuevo proyecto) como las tareas que contiene en un repositorio de tareas, esto por medio de la extracción de los datos de cada tarea utilizando ciertas reglas y una lógica de traducción.

Una vez que se hayan ingresado todos aquellos proyectos que estén destinados a ser implementados en el corto plazo, probablemente un periodo no mayor a 6 meses, se procederá a realizar la asignación de recursos a todos aquellos proyectos a implementar, es aquí donde el responsable selecciona dichos proyectos de una lista de nuevos proyectos proveniente del repositorio de proyectos, luego el controlador realiza la búsqueda de las tareas pertenecientes a cada proyecto y las envía a la lógica de prioridad para que se definan las prioridades de cada una de las tareas así como de sus respectivos proyectos.

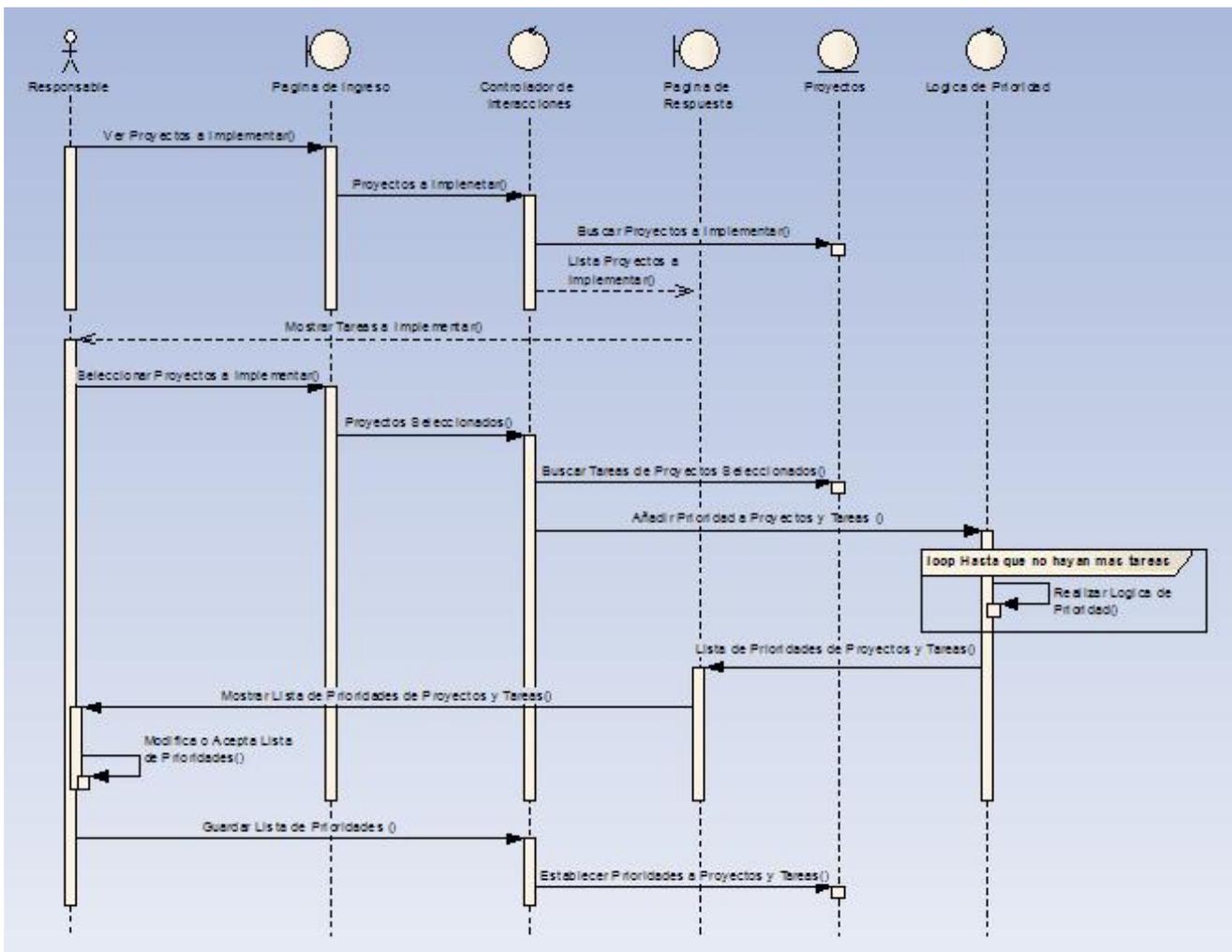


Figura 58: Diagrama de Secuencia "Asignación de Prioridades"

Finalmente las prioridades asignadas son mostradas al responsable que se encarga de modificarlas o no de acuerdo a su criterio, para luego ser incorporadas como un atributo de cada tarea y Proyecto.

Luego de priorizados los proyectos y sus tareas, se realiza una preselección de los recursos que serán posteriormente asignados a cada una de las tareas de los proyectos a implementar. Esta preselección considera en forma simple el descartar todos aquellos recursos que no posean ninguna de las especialidades requeridas por los proyectos y por ende por las tareas a realizar, y que se realiza comparando la especialidad de cada recurso con el atributo de especialidad incorporado en cada una de las tareas de los proyectos.

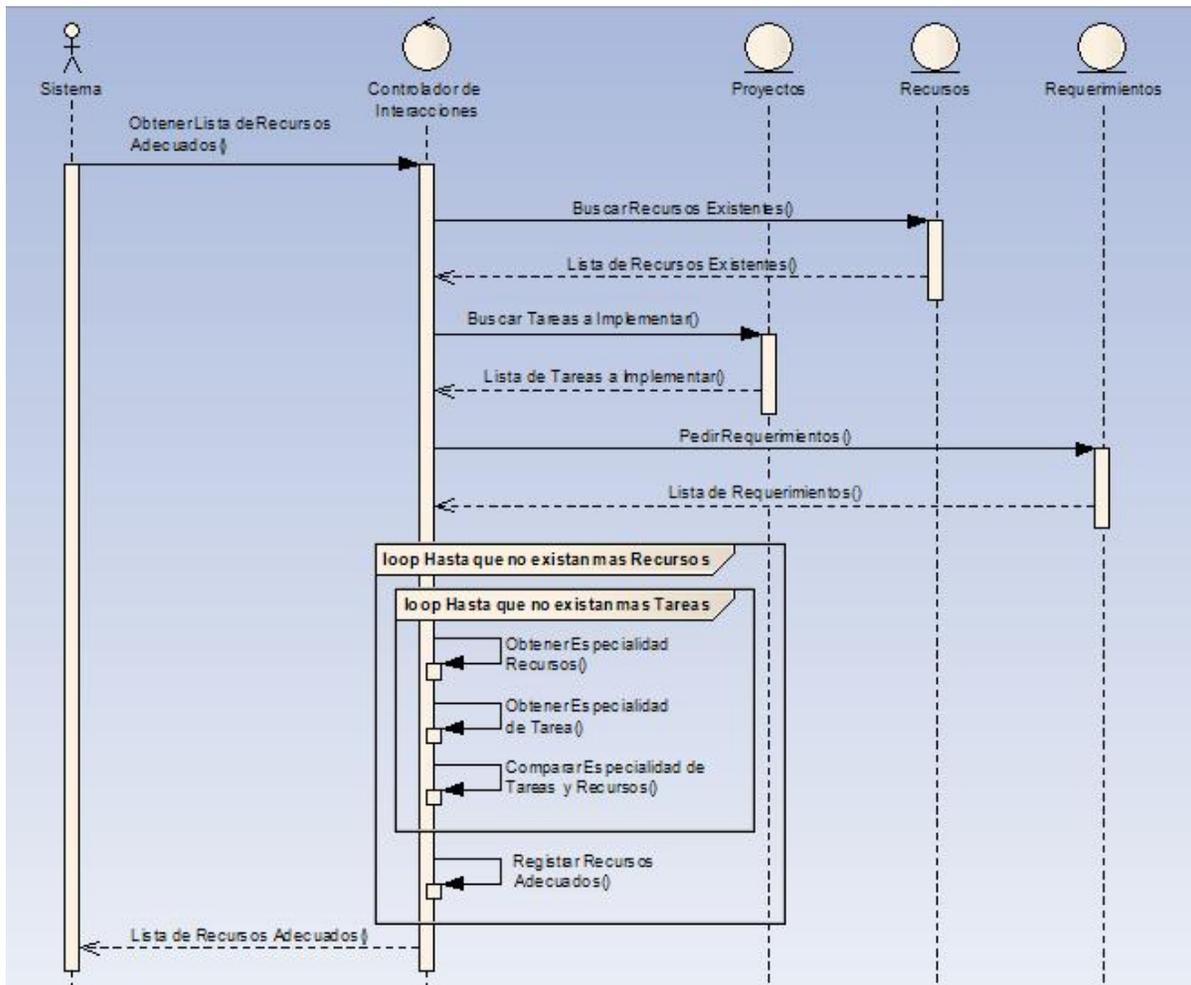


Figura 59. Diagrama de Secuencia "Obtención de Recursos Adecuados"

Con la preselección de recursos realizada, se ejecuta el cálculo del esfuerzo de cada tarea a ser realizada, y que estará medido por un valor numérico que al ser ponderado por el valor del atributo de habilidad de cada recurso, determinará el número de horas que requerirá el recurso para llevar a cabo la tarea encomendada.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Para asignar el esfuerzo a cada nueva tarea a desarrollar, se buscará en el repositorio de tareas (proyectos) aquellas tareas que coinciden con las nuevas tareas, y que poseen ya el atributo de esfuerzo, y que ha sido validado por la práctica en el desarrollo de proyectos a lo largo del tiempo.

La búsqueda será realizada utilizando las características y criterios asociados a cada una de las tareas (y proyectos), de manera de determinar con exactitud la similitud de la tarea encontrada con el de la tarea a la que se le asignará el esfuerzo.

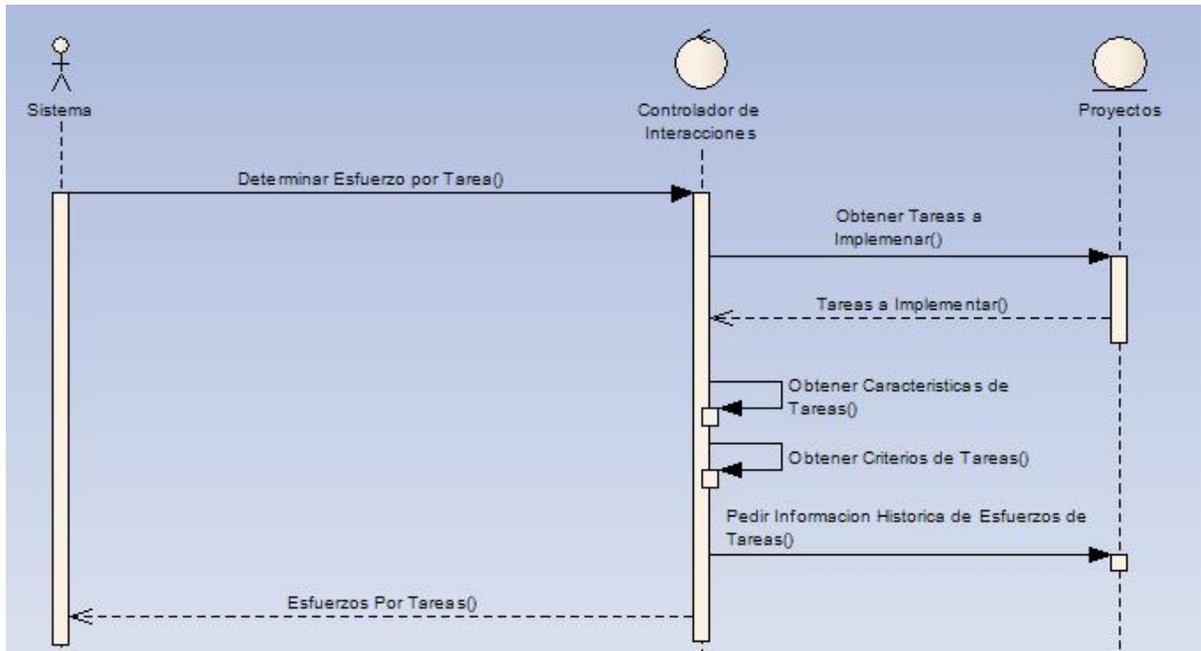


Figura 60: Diagrama de Secuencia “Cálculo de Esfuerzo”

Para finalizar el proceso de asignación de recursos, se tiene la secuencia que permite asignar los recursos a cada una de las tareas, esto por medio de la utilización de una lógica de asignación que utilizando la información previamente recopilada (lista de recursos adecuados, información de tareas y prioridades, presupuestos, entre otros), entrega una asignación de recursos a cada tarea de cada uno de los proyectos a implementar, optimizando el uso de estos recursos de manera de disminuir los “tiempos muertos”.

El resultado se ingresa al sistema y se entrega al responsable que será el encargado de evaluar la asignación realizada y si es necesario hacer algunas modificaciones.

Junto con esto se entrega la información dirigida a la mejora y capacitación de los recursos en caso de ser necesario dados los requerimientos de ciertas tareas.

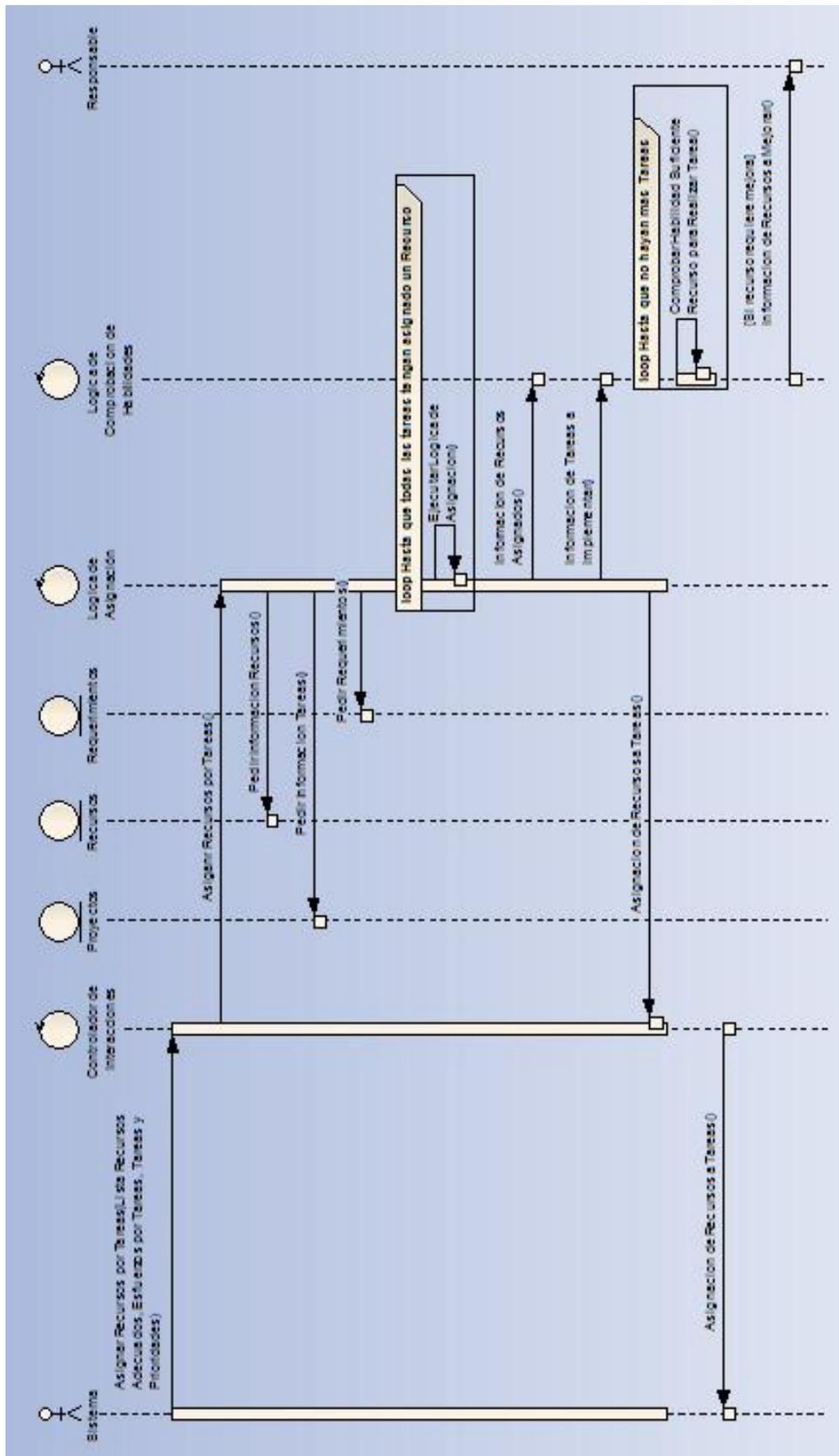


Figura 61: Diagrama de Secuencia “Asignación Recursos a Tareas”

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Con los recursos ya asignados solo resta dar inicio a la ejecución de cada uno de los proyectos, labor que será realizada también por el responsable de proyectos, el cual seleccionará los proyectos a ejecutar, dando paso a que cambie su atributo de estado en el repositorio de proyectos, pasando a estar en “Ejecución”. Luego se consultará cuales son los recursos asignados a las tareas de los proyectos a ejecutar y se les enviarán mensajes que les notifique de sus nuevas asignaciones y que también podría incluir información relevante respecto a dichas tareas.

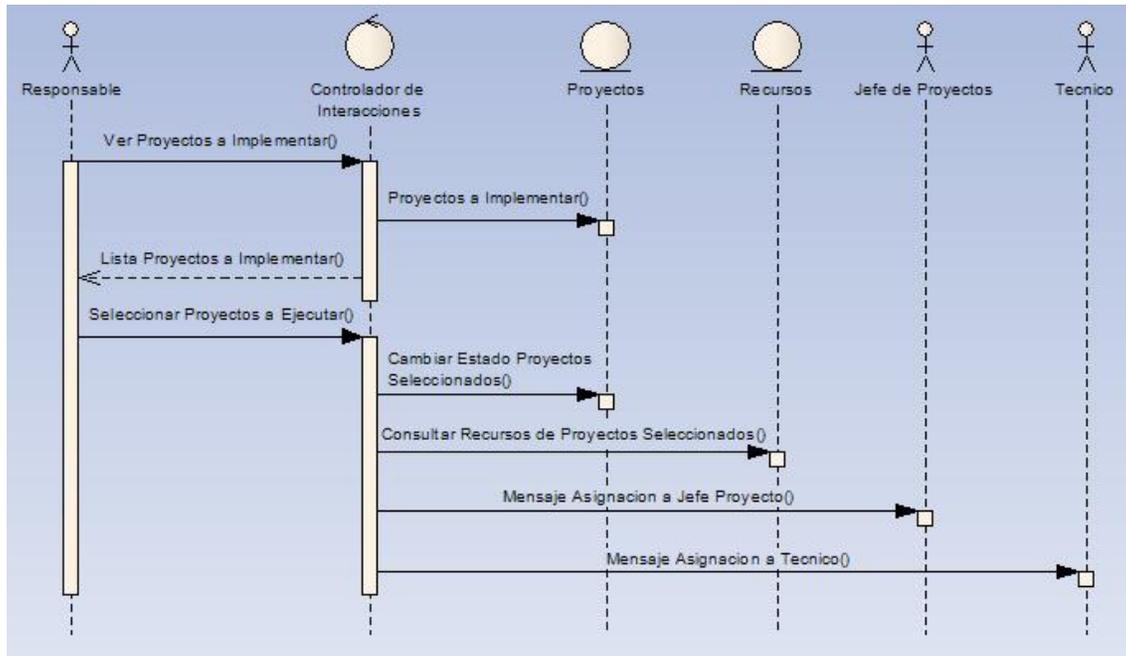


Figura 62. Diagrama de Secuencia “Inicio Ejecución de Proyectos”

Una vez que se ha dado inicio a la ejecución de los proyectos, se da inicio simultáneamente a los procesos de seguimiento y control de proyectos y tareas, por parte de cada uno de los actores existentes.

En principio y como coordinador global del estado de los proyectos, se tiene al responsable, el cual supervisa cada uno de los proyectos en ejecución, analizando problemas importantes y que no puedan ser resueltos por los jefes de proyectos, controlando los tiempos, y si lo requiere, enviando mensajes a los jefes de proyecto o incluso a los técnicos.

El responsable podrá ir modificando datos que fueron guardados en cada proyecto y pudieron ser inexactos dada la nueva información de la que se dispone, esto con el fin de tener un repositorio de proyectos actualizados y con información fidedigna que pueda ser usada en la implementación de futuros proyectos.

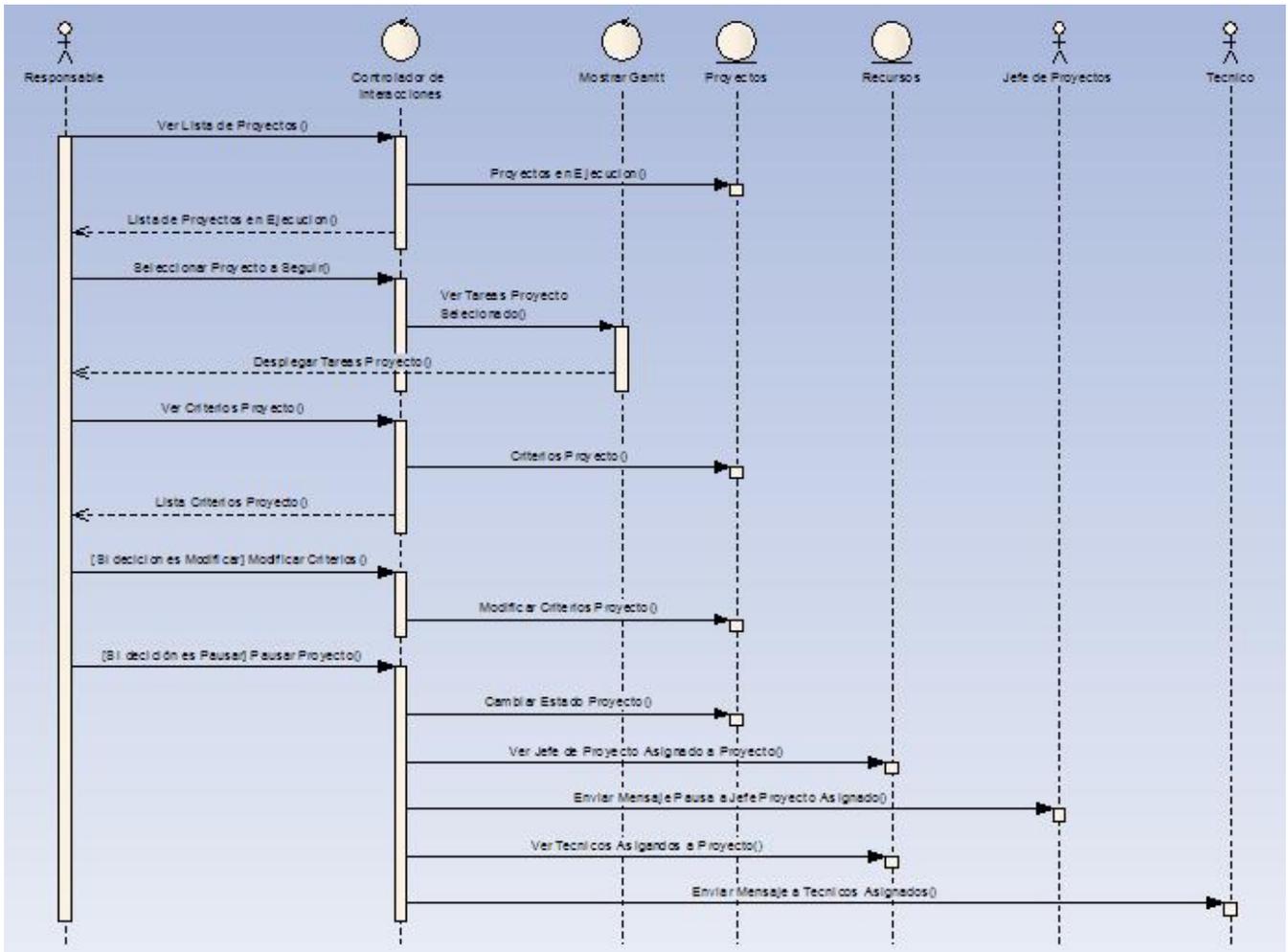


Figura 63: Diagrama de Secuencia “Control Responsable”

En el caso del control realizado por el jefe de proyecto, este podrá hacer un seguimiento a cada proyecto que tenga a su cargo, observando el estado de avance de cada tarea en dichos proyectos.

Podrá también modificar las prioridades y criterios definidos a cada tarea, esto siempre con la autorización previa del responsable, pudiendo también realizar peticiones de reasignación de técnicos para casos particulares.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

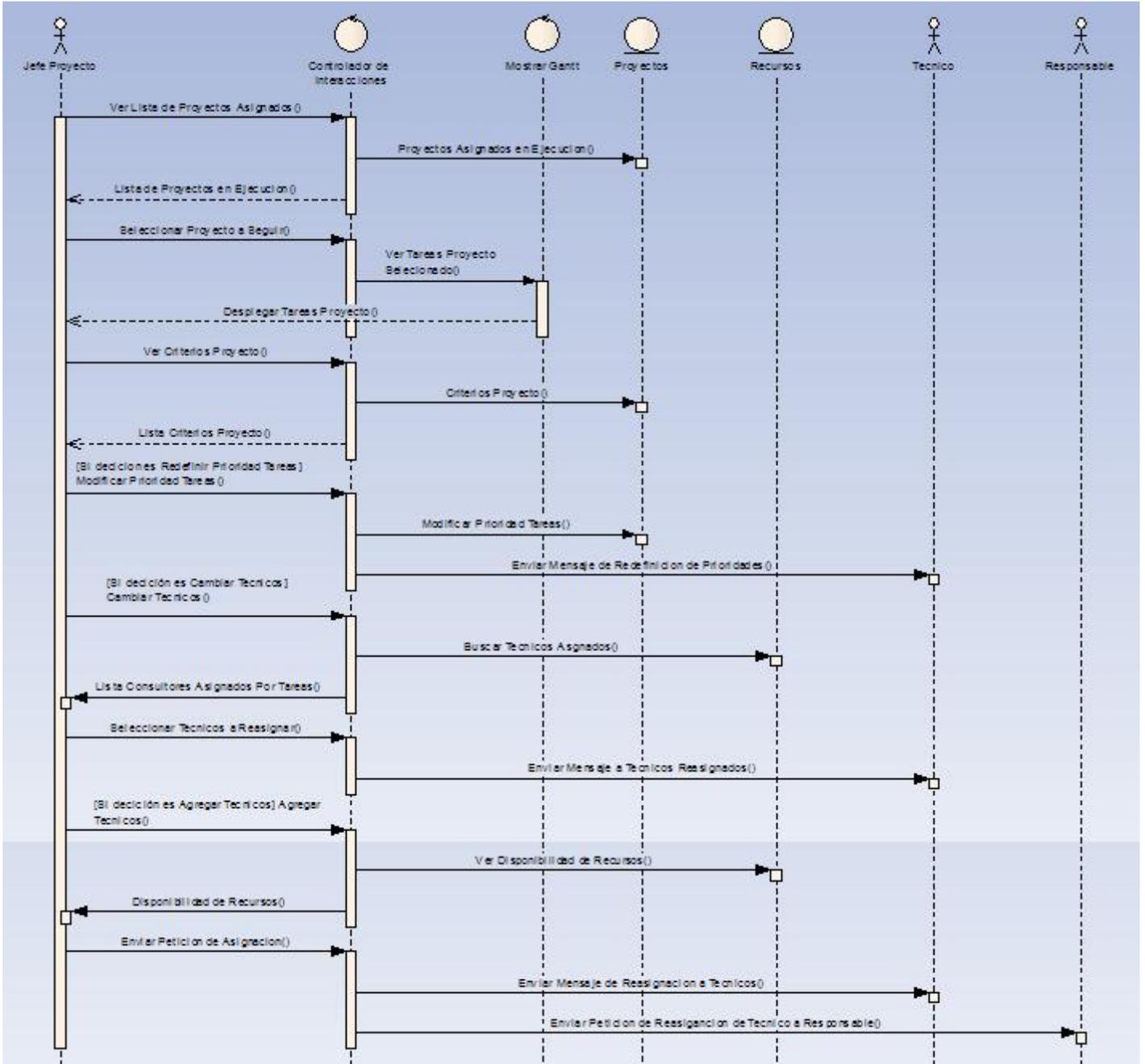


Figura 64: Diagrama de Secuencia “Control Jefe Proyectos”

Finalmente cada técnico notificará del estado de avance de la tarea que desarrolla, y enviará mensajes de petición a su jefe de proyecto en caso de tener solicitudes particulares, y que lo ayuden a desarrollar la tarea en cuestión, como se ve en la figura 65:

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

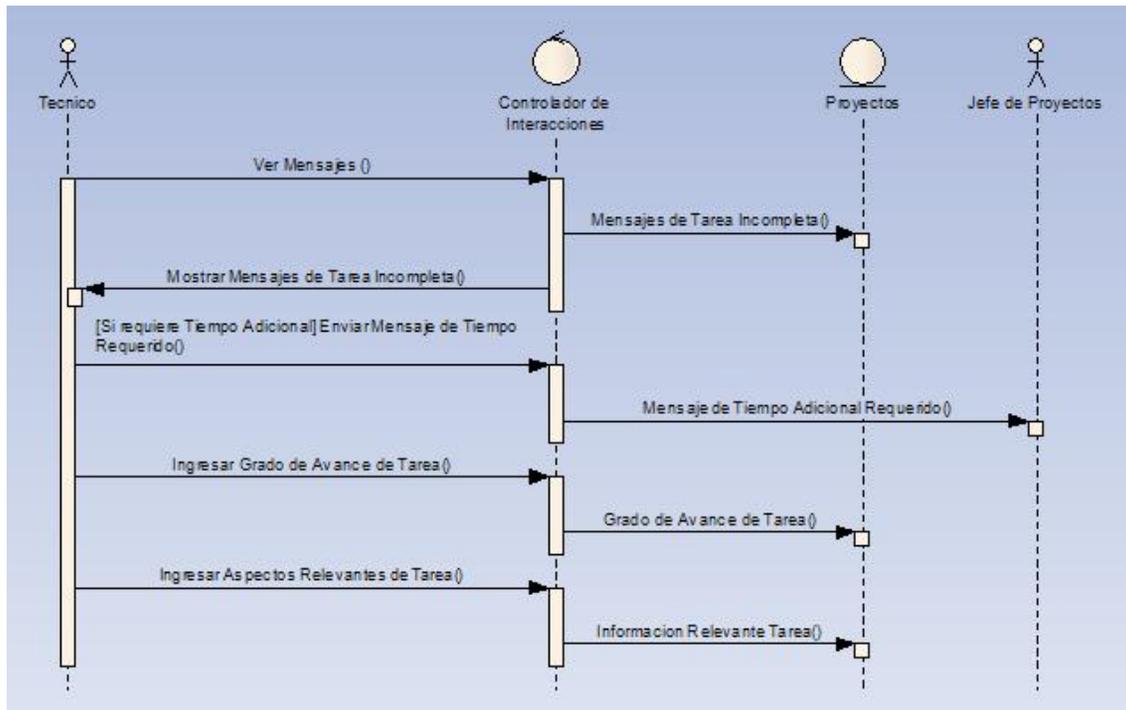


Figura 65: Diagrama de Secuencia “Control Técnico”

4.3.3 Arquitectura del Diseño

En los puntos siguientes se detallará la arquitectura física de la solución, es decir, como se almacenarán la información en la base de datos, y todas las relaciones existentes entre los datos, de manera de construir una base de conocimiento efectiva para la solución.

4.3.3.1 Diagrama de Clases Físicas

En la siguiente figura se puede ver el diagrama de clases físicas o modelo de datos, donde se detallan cada una de las entidades relacionadas a la planificación y manejo de proyectos, así como a la asignación y manejo de recursos.

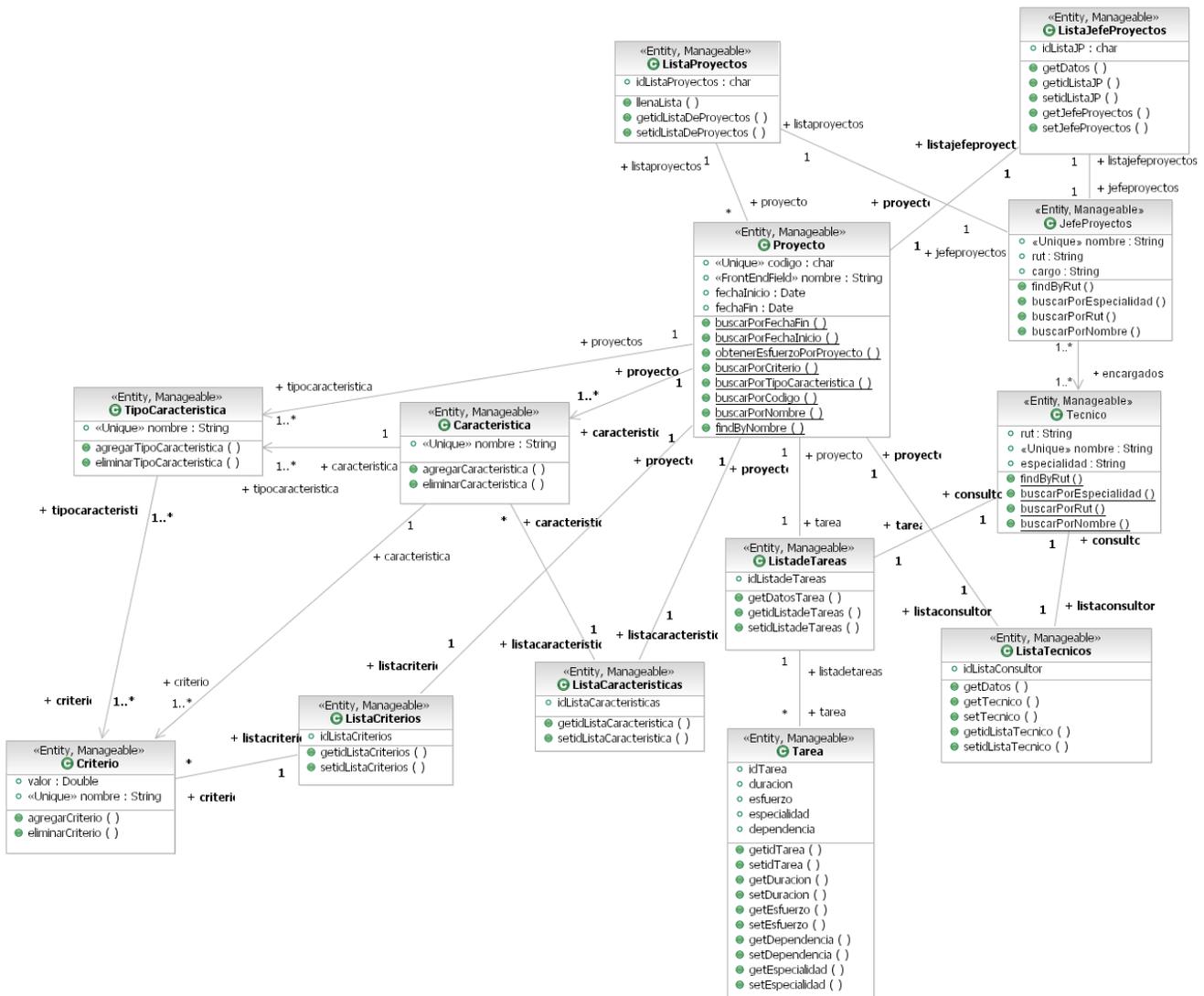


Figura 66: Diagrama de Clases Físicas

4.3.3.2 Detalle de las Clases Físicas

A continuación se detallarán cada una de las clases físicas o entidades mostradas en la figura 66:

1. **Proyecto:** Es la clase entidad encargada de almacenar los proyectos implementados, y estará relacionada con varias entidades que por medio de códigos identificadores o id, le asocien listas de entidades relacionadas como ListaJefeProyectos, ListaTécnicos, ListadeTareas, ListaCaracterísticas, entre otras. Tendrá como atributos principales un código o id, un nombre y las fechas de inicio y término o fin. A su vez tendrá una serie de métodos que permitan escribir u obtener dichos atributos.
2. **ListaProyectos:** Es la entidad que contiene listas de id de proyectos que están relacionadas con los jefes de proyecto, es decir, entrega la lista de proyectos que tiene asignado un determinado jefe de proyectos.
3. **JefeProyectos:** Corresponde a la entidad que almacena el id, el nombre y la información relevante de los jefes de proyecto a ser utilizada.
4. **ListaJefeProyectos:** Esta entidad contiene listas de id de jefes de proyectos que están relacionadas con los proyectos, es decir, la lista de jefes de proyecto que fueron asignados a un determinado proyecto.
5. **Técnico:** Corresponde a la entidad que almacena el id, el nombre y la información relevante de los técnicos a ser utilizada.
6. **ListaTécnicos:** Esta entidad contiene listas de id de técnicos que están relacionadas con los proyectos, es decir, la lista de técnicos que fueron asignados a un determinado proyecto.
7. **Tarea:** Es la entidad encargada de almacenar las tareas de los proyectos implementados, y que están relacionados con ellos por intermedio de un id en la lista de tareas. Posee una serie de atributos entre los que se cuentan un id, la duración, el esfuerzo, la especialidad y la dependencia. Posee a su vez métodos que permitan escribir u obtener dichos atributos.
8. **ListadeTareas:** Esta entidad contiene listas de id de las tareas que pertenecen a cada uno de los proyectos, es decir, la lista de tareas que forman parte de un determinado proyecto.
9. **Característica:** Almacena los nombres de las características de cada proyecto relacionadas con los tipos de familias de proyectos, y que son para el caso de la familia Magnitud: Pequeño, Estándar y Grande.

Para el caso de la familia Naturaleza: Apertura, Mejoramiento y Ampliación.

Y para el caso de la familia Tipo de Servicio: Core, Distribución, Acceso, NGN, Servicios de Valor Agregado e Infraestructura.

10. **ListaCaracterísticas:** Contiene listas de id de las características correspondientes a cada uno de los proyectos, es decir, la lista de las características que permiten identificar un proyecto.
11. **TipoCaracteistica:** Almacena los nombres de los tipos de características generales de los proyectos y que están definidas por los tipos de familias de proyectos definidas en el modelo de tipificación y que son: Magnitud, Naturaleza y Tipo de Servicio.
12. **Criterio:** Corresponde a la entidad que almacena los nombres y los valores asociados a los criterios definidos para cada tipo de proyecto, los cuales también fueron definidos en el modelo de tipificación, y que permiten establecer los elementos más relevantes para cada proyecto dependiendo de los tipos de familia a los cuales pertenezcan.
13. **ListaCriterios:** Contiene listas de id de los criterios correspondientes a cada proyecto, es decir, la lista de los criterios con sus valores respectivos que permiten definir un proyecto en detalle.

4.4 Desarrollo del Prototipo para Planificación

El desarrollo del prototipo considerará en una primera instancia el ingreso de nuevos proyectos a ser implementados por la empresa y la búsqueda de los proyectos almacenados en el repositorio de proyectos.

En mayor detalle permite clasificar a cada nuevo proyecto de acuerdo a ciertas características y criterios, permite buscar proyectos similares al que se esta ingresando de acuerdo a la clasificación entregada, y también permite a modo de prueba incorporar recursos a cada proyecto, dependiendo de la especialidad que poseen (y que debe coincidir con las que requiere el proyecto).

Finalmente se procederá a generar una gantt del proyecto, por medio de la creación de un XML estructurado de acuerdo a lo requerido por la herramienta GanttProject.

El XML será generado sólo cuando no exista un proyecto similar que pueda ser utilizado, ya que en este caso se utilizará la gantt guardada en dicho proyecto similar, aprovechando la información de tareas y recursos, que en ella aparezcan.

4.4.1 Programación del Prototipo

Primero que todo se crea un proyecto en Red Hat Developer Studio [44], con la característica que sea un proyecto de tipo Struts (Struts Project), luego se le da la ubicación donde correrá la aplicación desde un Web browser (por ejemplo: <http://localhost:8080/prototipo/>), la aplicación se encontrará en un contenedor de Servlets de Jboss.

Una vez creado el proyecto, aparecerán una serie de carpetas y librerías pertenecientes al proyecto en blanco, en particular se abrirá la carpeta WebContent/Web-INF, y se abrirá el archivo struts-config.xml, que será donde estará el diagrama de flujo Web de la aplicación así como la fuente principal de ella.

Luego se procederá a crear cada uno de los Action, Global Forward, Páginas JSP y FormBean (correspondientes a los controladores), que serán utilizados por la aplicación.

Con el diagrama de flujo realizado se procede a generar el código java correspondiente a cada una de las clases creadas, este procedimiento es realizado automáticamente por Red Hat, de forma que se crean las estructuras básicas o “cáscaras” que serán completadas luego con código dispuesto para cada uno de ellos.

El diagrama de flujo Web diseñado para el prototipo se puede ver a continuación:

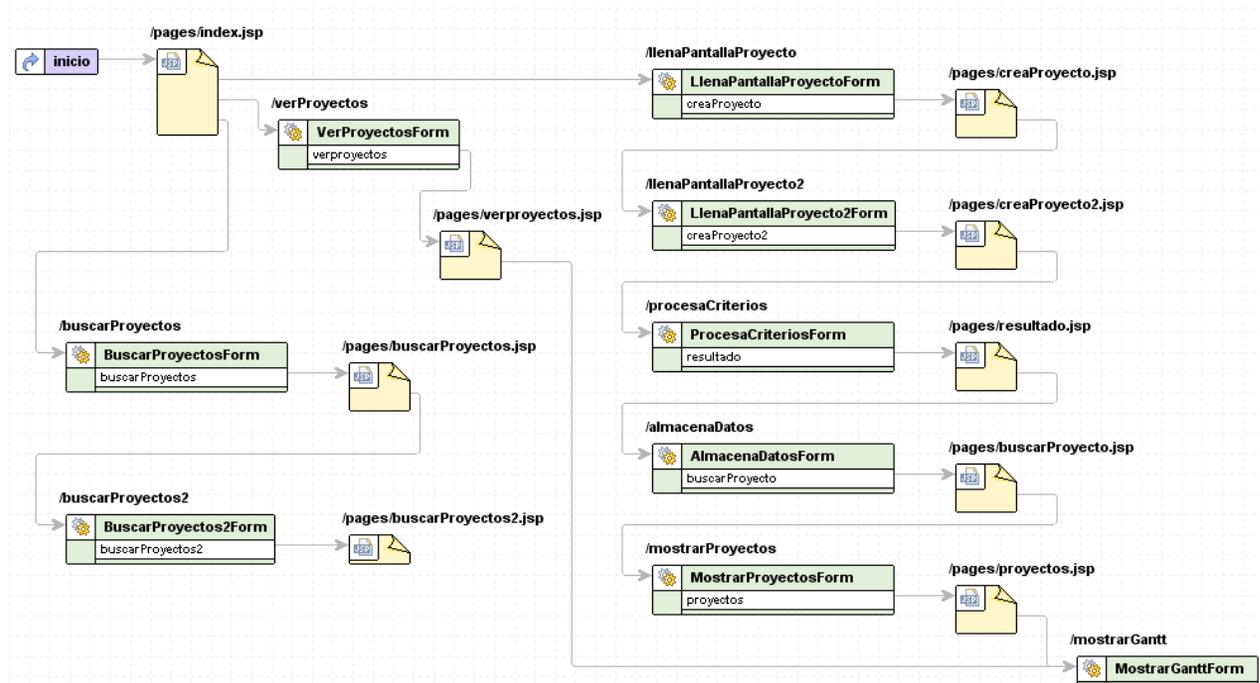


Figura 67: Diagrama de Flujo Web del Prototipo

Luego de generado el código java, se procede a revisarlo y modificarlo en cada uno de los Actions.java y Forms.java creados en el paquete “sample” de la carpeta WebContent/Web-INF/classes.

Además se crea un nuevo paquete llamado “prototipo” el cual contiene cada una de las clases relevantes para la aplicación y que han sido en parte detalladas anteriormente. Los 2 paquetes se pueden ver a continuación:

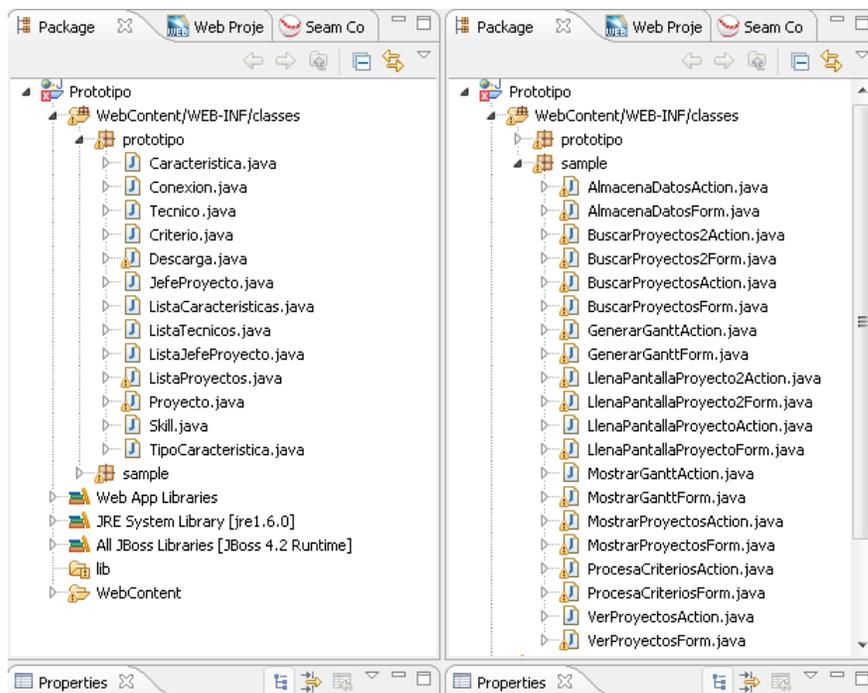


Figura 68: Clases y Controladores del Prototipo

Una vez que se establece el ingreso de proyectos y su almacenamiento en el repositorio de proyectos, y que considera también repositorios para cada clase, como característica, criterio, técnico, jefe de proyecto, etc., se procede a interactuar con los archivos XML pertenecientes a proyectos similares almacenados o en caso de no existir un proyecto similar fue necesario crear uno que pudiese ser interpretado por la herramienta GanttProject como un proyecto definido con tareas y recursos.

Para esto fue necesario analizar los archivos XML que son utilizados por la herramienta, de forma de determinar cual es la estructura que utilizan, de manera tal de poder leerlos y extraer información , así como poder reproducirlos y crear Gantt's de proyectos automáticamente por medio de la información ingresada en el sistema al crear un nuevo proyecto.

En el punto siguiente se muestra la estructura típica de XML que utiliza GanttProject para guardar un proyecto determinado.

4.4.2 Estructura en XML de Carta Gantt en GanttProject

Primero se puede ver los datos iniciales del proyecto, como el nombre, la empresa a la que pertenece, la fecha inicial, entre otros:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<project name="Proyecto Red Inalambrica 1" company="UCHILE" webLink="" view-
date="2005-12-26" view-index="0" gantt-divider-location="307" resource-divider-
location="411" version="2.0">
<description />
<view zooming-state="default:6" />
<!-- -->
```

Luego se puede apreciar el calendario y la definición utilizada para los días.

```
<calendars>
<day-types>
<day-type id="0" />
<day-type id="1" />
<calendar id="1" name="default">
<default-week sun="1" mon="0" tue="0" wed="0" thu="0" fri="0" sat="1" />
<overriden-day-types />
<days />
</calendar>
</day-types>
</calendars>
```

Las propiedades de que poseerán las tareas se pueden ver a continuación, en donde existen 10 tipos de propiedades que son: tipo, prioridad, información, nombre, fecha de inicio, fecha de fin, duración, completitud, coordinador y predecesores (o dependencia).

Claramente estos tipos de propiedades son coincidentes con todo lo antes mencionado, y la forma en que se tratará la asignación de recursos a tareas considerando cada uno de estos atributos.

```
<tasks color="#99ccff">
<taskproperties>
<taskproperty id="tpd0" name="type" type="default" valuetype="icon" />
<taskproperty id="tpd1" name="priority" type="default" valuetype="icon" />
<taskproperty id="tpd2" name="info" type="default" valuetype="icon" />
<taskproperty id="tpd3" name="name" type="default" valuetype="text" />
<taskproperty id="tpd4" name="begindate" type="default" valuetype="date" />
<taskproperty id="tpd5" name="enddate" type="default" valuetype="date" />
<taskproperty id="tpd6" name="duration" type="default" valuetype="int" />
<taskproperty id="tpd7" name="completion" type="default" valuetype="int" />
<taskproperty id="tpd8" name="coordinator" type="default" valuetype="text" />
<taskproperty id="tpd9" name="predecessorsr" type="default" valuetype="text"/>
```

```
</taskproperties>
```

Una vez definidas las propiedades se crean cada una de las tareas que se llevarán a cabo en el proyecto, y que están definidas por un id, el nombre, y las demás propiedades en caso de ser utilizadas.

```
<task id="0" name="Tar_1" color="#99ccff" meeting="false" start="2005-12-27" duration="6"
complete="100" priority="1" expand="true" />
<task id="1" name="Tar_2" color="#99ccff" meeting="false" start="2006-01-02"
duration="15" complete="86" priority="1" expand="true" />
<task id="2" name="Tar_3" color="#99ccff" meeting="false" start="2005-12-26"
duration="31" complete="89" priority="1" expand="true" />
```

```
</tasks>
```

Por otro lado se crean los recursos a ser utilizados en el proyecto, definiéndolos por un id, el nombre, la función que cumplirán, y una forma de contacto (fóno).

```
<resources>
  <resource id="7" name="Recurso 1" function="Default:0" contacts="" phone="232132"
  />
  <resource id="8" name="Recurso 2" function="Default:1" contacts="" phone="3432434"
  />
  <resource id="9" name="Recurso 3" function="Default:0" contacts="" phone="2321323"
  />
</resources>
```

Una vez creados, serán asignados a cada una de las tareas existentes en el proyecto de manera de definir por medio del id de cada tarea y cada recurso, cual tarea será realizada por que recurso, que función llevará a cabo, y si dicho recurso es o no responsable de dicha tarea, donde por supuesto dicha responsabilidad siempre recaerá sobre el jefe de dicho proyecto.

```
<allocations>
  <allocation task-id="0" resource-id="8" function="Default:1" responsible="true" load="100.0"
  />
  <allocation task-id="0" resource-id="7" function="Default:0" responsible="false" load="100.0"
  />
  <allocation task-id="1" resource-id="8" function="Default:1" responsible="true" load="100.0"
  />
  <allocation task-id="1" resource-id="9" function="Default:0" responsible="false" load="100.0"
  />
  <allocation task-id="2" resource-id="9" function="Default:0" responsible="false" load="100.0"
  />
  <allocation task-id="2" resource-id="7" function="Default:0" responsible="true" load="100.0"
  />
</allocations>
```

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Finalmente se consideran las características que poseerán las columnas de tareas que se despliegan en el visor de Gantt's de la herramienta, y que considerarán los tiempos de inicio y fin de una tarea, así como el nombre de dicha tarea.

```
<taskdisplaycolumns>
  <displaycolumn property-id="tpd3" order="0" width="75" />
  <displaycolumn property-id="tpd4" order="1" width="75" />
  <displaycolumn property-id="tpd5" order="2" width="75" />
</taskdisplaycolumns>
<previous />
<roles roleset-name="Default" />

</project>
```

Una vez hecho el análisis de la estructura de XML requerida, se procede a crear un generador de XML básico que considere la información ingresada en la creación de cada nuevo proyecto y que no sea posible encontrar un proyecto similar del cual obtener mayor información respecto a las tareas a realizar:

String codigoXML;

Para (cada proyecto existente) {

```
codigoXML=<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?><project name="Proyecto
Prueba" company="UCHILE" webLink="" view-date="Fecha Proyecto" view-
index="0" gantt-divider-location="307" resource-divider-location="411"
version="2.0"> ()
codigoXML= codigoXML+ <tasks>;
```

Para (cada tarea existente en el proyecto) {

```
codigoXML= codigoXML+( <task id="ID Tarea" name="Tarea N"
color="#99ccff" meeting="false" start="Fecha de Inicio" duration="duración
tareas" complete="completitud" priority="prioridad" expand="true"/>);
}
codigoXML= codigoXML+ </tasks>;
codigoXML= codigoXML+ <resource>
```

Para (cada recurso existente en el proyecto) {

```
codigoXML= codigoXML+<resource id="Id Recurso" name="Nombre
Recurso" function="Función" contacts="" phone="Teléfono Recurso"/>
}
codigoXML= codigoXML+ </resources>;
codigoXML= codigoXML+ </project>;
```

4.5 Pantallas del Prototipo

A continuación se muestran las pantallas que constituyen al prototipo desarrollado, y que tiene por objetivo el ingreso de nuevos proyectos y la búsqueda de proyectos anteriores.

4.5.1 Inicio

La primera pantalla corresponde a la página de inicio y se puede ver a continuación:

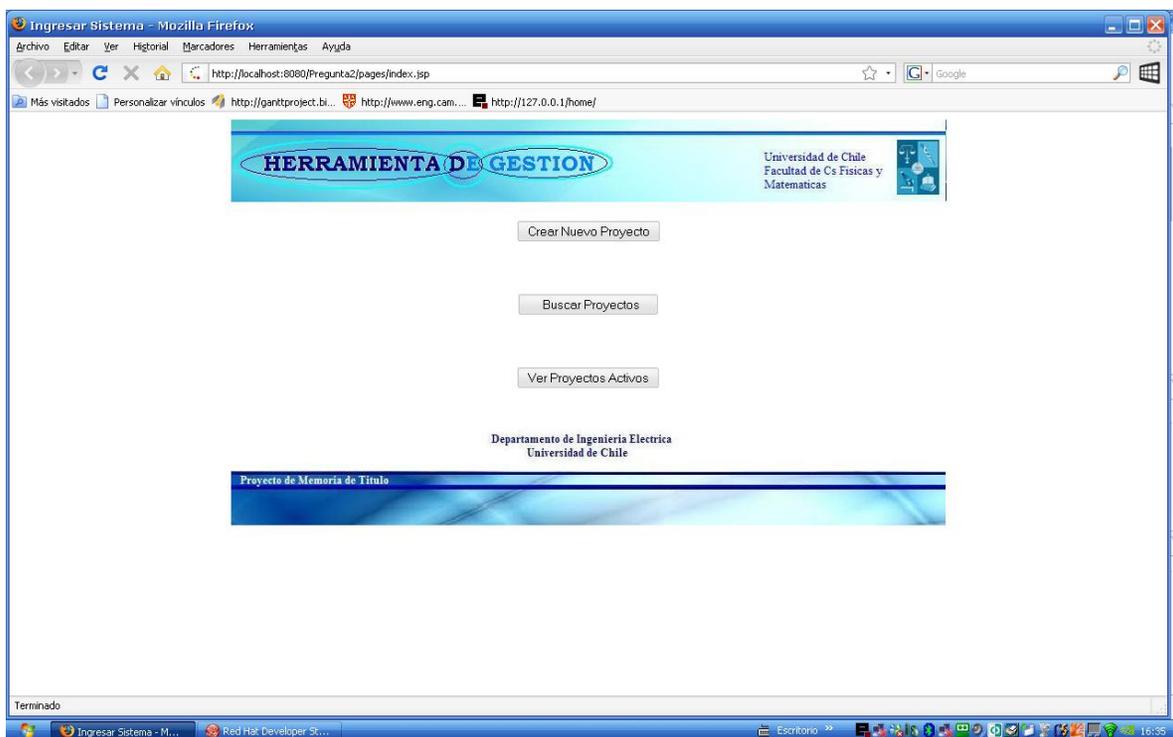


Figura 69. Pagina de Inicio

Tiene 3 botones de acceso, dados por las funciones principales del prototipo, que son el ingreso de un nuevo proyecto, el de buscar proyectos y el de ver el listado de proyectos.

4.5.2 Ingreso de Nuevo Proyecto

Se procede al ingreso de los datos relevantes de cada nuevo proyecto, desde el código asociado al proyecto en la empresa, el nombre y las fechas de inicio y fin. Junto con esto se establece una clasificación del proyecto (realizada por el responsable) de acuerdo a 3 características relevantes: magnitud, naturaleza y tipo de servicio.

Para el caso de la magnitud se tienen definido 3 tipos, que son pequeño, estándar y grande, esto dependiendo principalmente del nivel de costos que representa el proyecto, pero que en realidad esta definido por 7 criterios (alcance, costos, complejidad, plazos, etc.), y que aparecerán en la pagina de selección de criterios, en la cual se podrá definir el valor asignado a estos criterios.

El tipo de servicio considera los tipos de proyectos o de servicios prestadas y que son proyectos de Core, Distribución, Acceso Cableado, Redes Inalámbricas, NGN y Servicios de Valor Agregado. La selección de uno de estos tipos entregará un criterio que permitirá seleccionar la versión utilizada en la solución.

Finalmente la naturaleza permite determinar si el proyecto es de apertura (o de una implementación desde cero), de mejoramiento y de ampliación (nuevas servicios o proyectos a la base instalada).

Ingreso Nuevo Proyecto

Código	5453
Nombre del Proyecto	Proy NGN
Fecha Inicio	2008/01/01
Fecha Fin	2008/06/18

Características

Magnitud	<input type="radio"/> Pequeño <input checked="" type="radio"/> Estandar <input type="radio"/> Grande
Servicio	<input type="radio"/> Acceso Cableado <input type="radio"/> Distribucion <input checked="" type="radio"/> NGN <input type="radio"/> Core <input type="radio"/> Servicios de Valor Agregado <input type="radio"/> Redes Inalambricas
Naturaleza	<input checked="" type="radio"/> Apertura <input type="radio"/> Mejoramiento <input type="radio"/> Ampliación

Back Next

Departamento de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Chile

Figura 70. Ingreso de Nuevo Proyecto

4.5.3 Selección de Criterios y Estimación de la Cantidad de Recursos

Luego una vez seleccionadas las características de los proyectos, se despliegan los criterios asociados a la selección de tipos de características realizada.

Luego se seleccionan aquellos criterios que se consideren más relevantes para el proyecto y a cada criterio “con ticket” se le dará un valor en un rango del 1 al 10 de acuerdo al valor que debería poseer, y que será ponderado por un rango de valores asociado a cada criterio, por ejemplo para el caso de los costos serán valores en \$ o \$US, entre un valor mínimo y máximo de presupuesto.



Figura 71: Selección de Criterios

Junto con esto se solicita una estimación de la cantidad de recursos y de jefes de proyectos requeridos, esto si bien es para tener una idea de una incorporación inicial de recursos al proyecto, la asignación definitiva considerará la totalidad de recursos disponibles, y todos aquellos proyectos a implementar, de forma tal que la asignación optimice el uso de los recursos.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

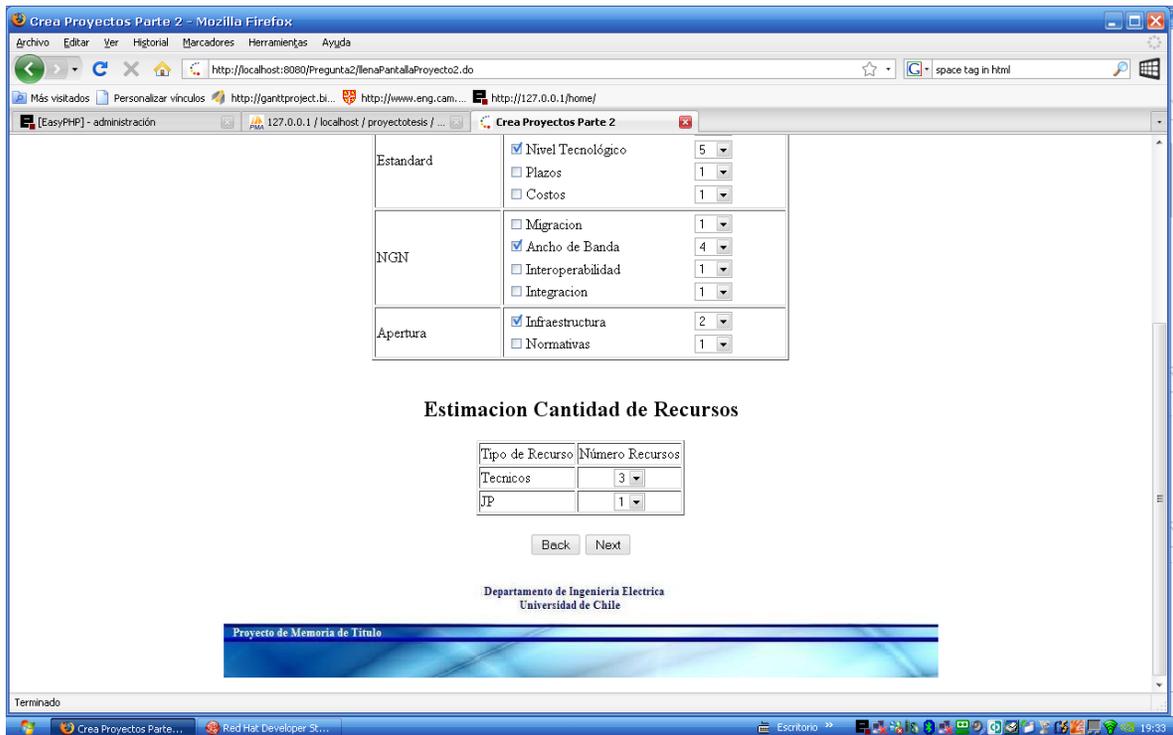


Figura 72. Estimación de la Cantidad de Recursos Requeridos

4.5.4 Resumen del Proyecto

A continuación se muestra un resumen de la información del proyecto ingresada hasta el momento. Aparece también la asignación preliminar que se comentó anteriormente, y que incorpora técnicos y jefes de proyecto, de acuerdo a la especialidad que posean, y que esta por supuesto coincida con la del proyecto, reflejada en el tipo de servicio entregado.

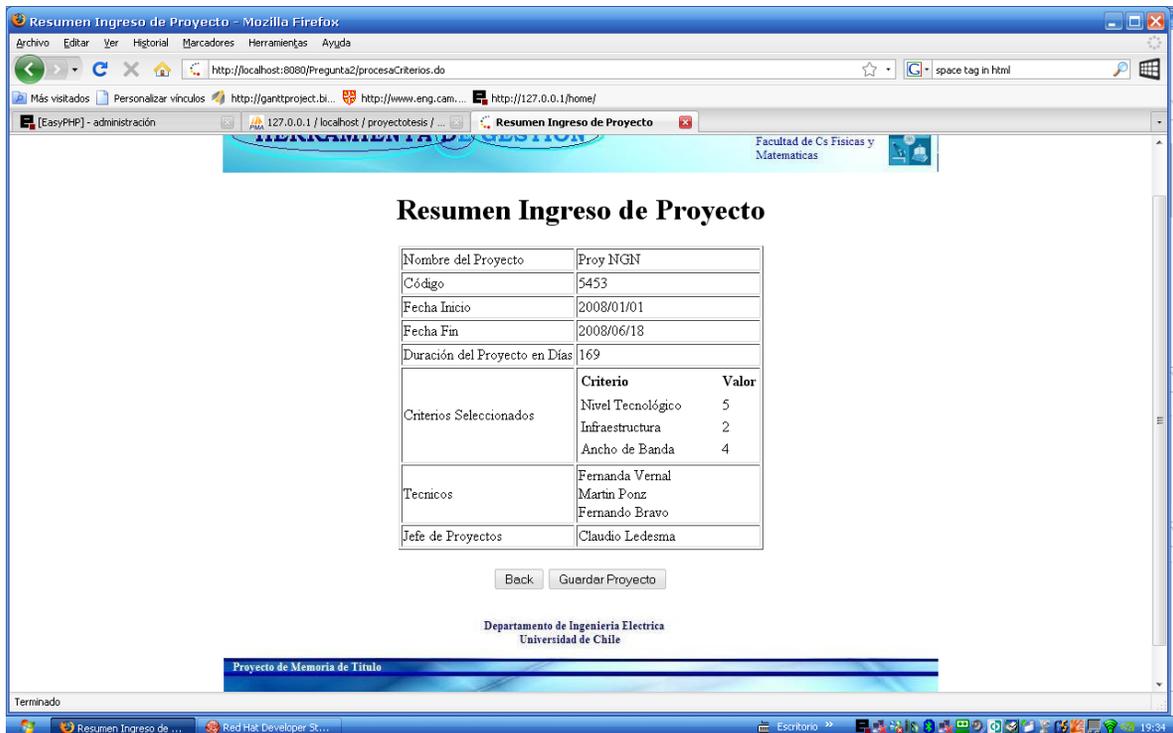


Figura 73. Resumen Ingreso de Proyecto

4.5.5 Ingreso Exitoso

En esta página simplemente se confirmará el ingreso del proyecto de manera correcta, recordando el código del proyecto ingresado, y solicitando la búsqueda de proyectos similares con el fin de obtener las tareas a realizar y toda aquella información relevante para el desarrollo del proyecto.

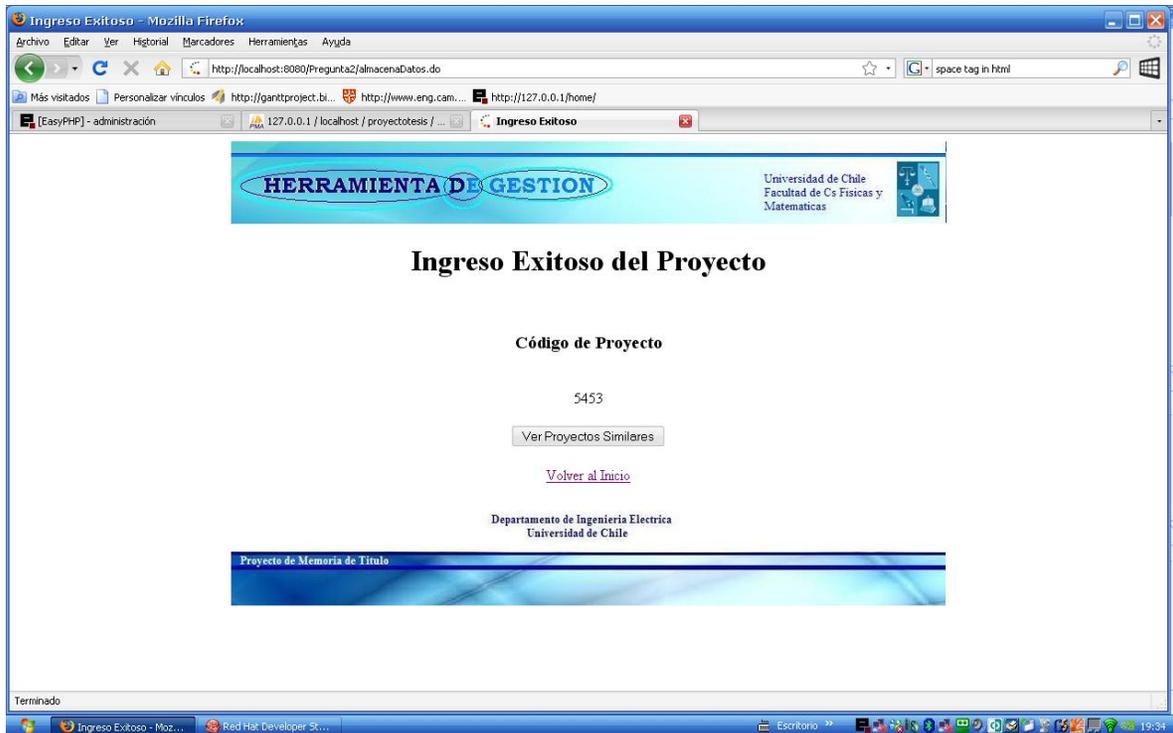


Figura 74: Ingreso Exitoso del Proyecto

4.5.6 Ver Proyectos Similares

Una vez solicitada la búsqueda se entregan los proyectos que mas concuerden con el proyecto ingresado, esto por medio de la comparación de los criterios pertenecientes a cada proyecto con los del nuevo proyecto. Estos serán desplegados aquí y se podrá ver la carta gantt de cada uno de ellos, de forma de que el responsable determine finalmente que gantt tomará como referencia para la nueva implementación.

Junto con esto existe la opción de visualizar todos los proyectos realizados anteriormente, y que por alguna razón deseen ser analizados por el responsable antes de guardar la gantt con las tareas a realizar. Esta opción es la misma que entrega el botón en la página inicial o home, y se añade como un apoyo.

En caso de no existir algún proyecto que reúna las condiciones mínimas de similitud, se procederá a generar una gantt básica con los datos del proyecto ya ingresados, y que deberá ser modificada por el responsable incorporando los nombres de las tareas y sus duraciones, entre otros datos.

El archivo que se genera es de tipo XML, y debe ser cargado a la herramienta GanttProject, para su posterior visualización y modificación.

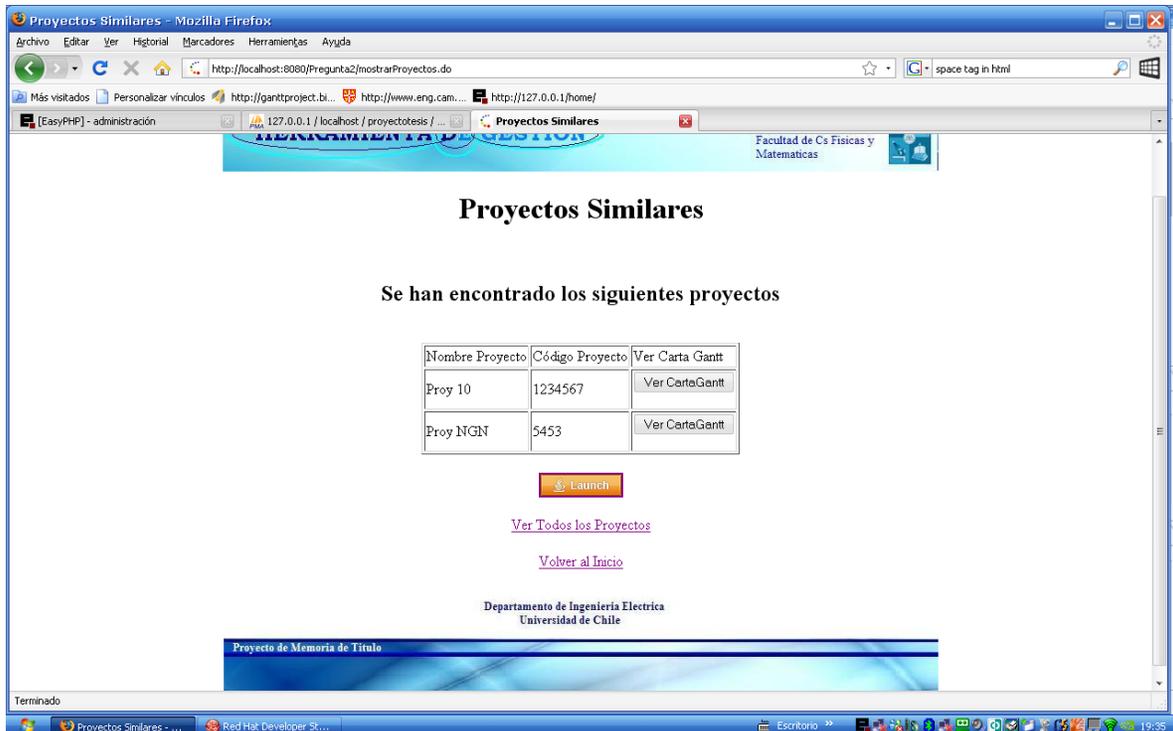


Figura 75: Ver Proyectos Similares

4.5.7 Cargar XML de Proyecto Similar

Finalmente se da la opción de guardar la gantt (en formato de archivo XML), en la ubicación que estime conveniente el responsable, para luego poder verlo por intermedio de GanttProject, y que en caso de ser el elegido, poder modificarlo de acuerdo a los nuevos requerimientos.

Si bien este procedimiento se ha dejado preliminarmente en forma manual, se desea que quede de forma automática, de manera de simplificar el procedimiento y que sea más atractivo para el usuario.

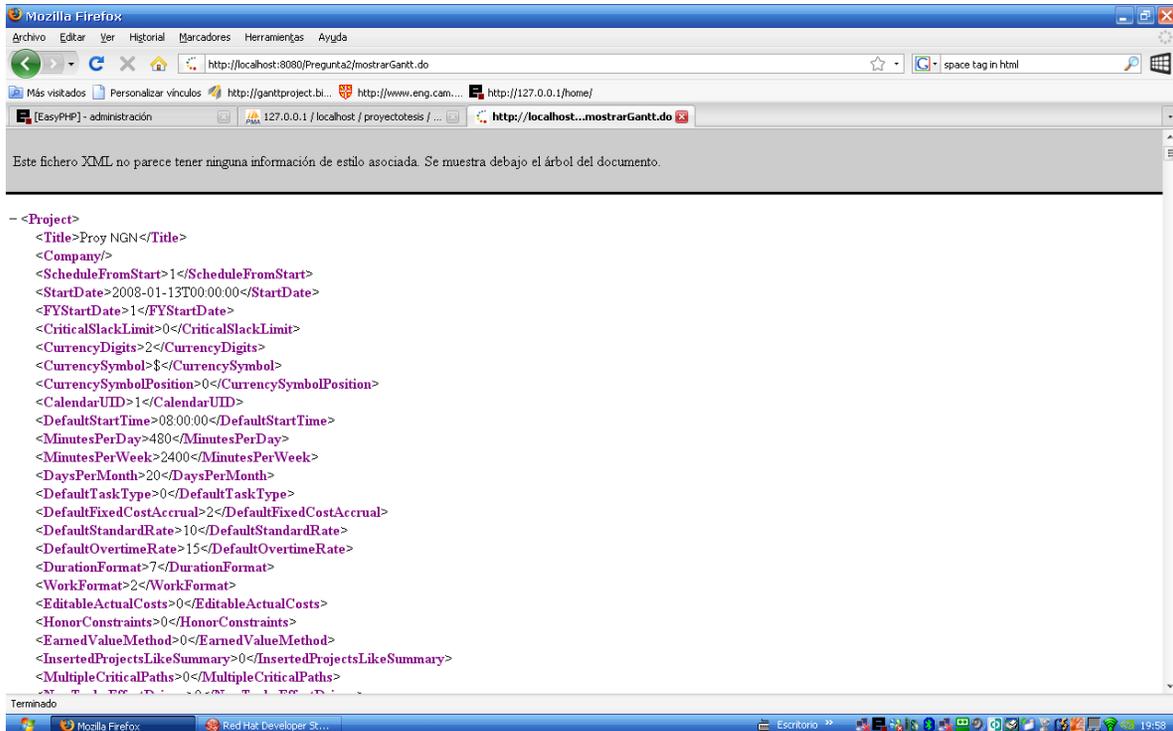


Figura 76. Cargar XML de Proyecto Similar

4.5.8 Carta Gantt

A continuación se guarda el archivo XML y se carga en la herramienta GanttProject que fuera anteriormente abierta por intermedio del botón “Launch” que se puede ver en la figura 75.

Con el archivo cargado se puede ver la carta gantt respectiva como se ve en la figura siguiente:

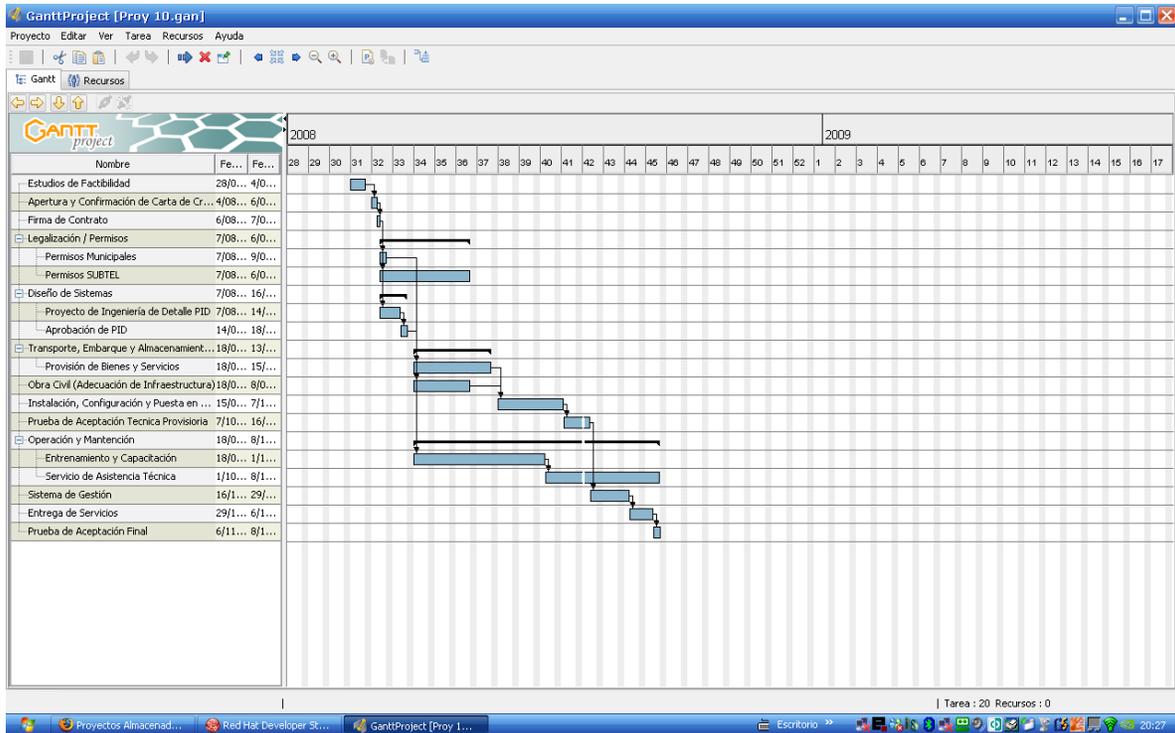


Figura 77. Carta Gantt del Proyecto Similar

Aquí es posible realizar todas las modificaciones pertinentes que adapten al proyecto ingresado, que una vez adaptado podrá ser guardado y almacenado en la base de datos de proyectos en el atributo de carta gantt del proyecto ingresado.

4.5.9 Buscar Proyectos

En caso de que se requiera buscar cierto tipo de proyectos, será posible realizarlo especificando los tipos de características de los proyectos solicitados como se puede ver en la figura 78.



Figura 78: Buscar Proyectos Almacenados

4.5.10 Proyectos Encontrados

Luego los proyectos encontrados se muestran en una tabla, especificándose a que tipo de familias pertenecen:



Figura 79. Ver Proyectos Encontrados

Es posible formular una nueva búsqueda simplemente utilizando el botón de “nueva búsqueda” que se ubica inmediatamente bajo la tabla.

4.5.11 Ver Proyectos Almacenados

Por último existe la posibilidad de ver los proyectos anteriormente realizados, y sea desde la página de inicio o desde la de proyectos similares.



Figura 80. Ver Lista de Proyectos Almacenados

Capítulo 5

Discusiones

En el presente capítulo se efectúan los análisis de los resultados obtenidos de la solución propuesta en cuanto a los alcances y aportes realizados, así como los problemas y dificultades encontrados durante el diseño y desarrollo de la solución.

5.1 Discusión “Planificación, Asignación y Control de Recursos para Proyectos de instalación en el área de Telecomunicaciones”

En esta sección se discutirá sobre todos aquellos elementos considerados para el diseño de la solución, se analizará la metodología desarrollada en el capítulo 3 así como parte de los resultados obtenidos en el diseño y desarrollo de la herramienta, y tal como se plantea en el título de esta discusión serán analizados como piezas centrales la planificación de proyectos, la asignación de recursos a dichos proyectos y finalmente el control y seguimiento de los mismos durante el desarrollo de cada proyecto.

Es prudente recalcar que existe una variada gama de alternativas tecnológicas que atacan los temas de manejo de proyectos, es así como existen diferentes teorías, metodologías, estándares, entre otros, que abordan este tema entregando una visión sobre como realizar un buen manejo y que implicancias tiene esto dentro de la organización.

Particularmente para el caso de proyectos de instalación en el área de telecomunicaciones es posible comprender que se requiere de un esfuerzo importante en definir correctamente cuales deben ser los pasos a seguir para llevar a cabo un proyecto de esta índole, debido a la gran cantidad de tecnologías existentes y a la aparición de nuevas tecnologías cada vez más rápidamente, con lo cual es fundamental tener ciertas estructuras sobre las cuales poder tomar decisiones antes de llevar a cabo un nuevo proyecto que implique hacer uso de nuevas y mejores tecnologías.

Cuando se habla de tener un buen manejo o de realizar “buenas prácticas”, no es a la ligera, ya que efectivamente es lo que hace la diferencia al momento de realizar una actividad, y que si la llevamos a un caso general se tiene que para un gran numero de actividades realizadas por un gran numero de individuos existe una enorme cantidad de factores de riesgo que perjudiquen el desarrollo de cada actividad y por ende del trabajo en su conjunto, más aún cuando las actividades no son independientes entre sí sino que están íntimamente relacionadas como ocurre en la gran mayoría de los proyectos.

Como parte elemental para poder comprender los proyectos de instalación de telecomunicaciones, que tipos existen, como se llevan a cabo, que elementos los caracterizan, cuanto duran, etc., fue necesario tomar como base el modelo de tipificación para proyectos de instalación en telecomunicaciones realizado por Ariel Muñoz T., el cual analizó una serie de proyectos de instalación en telecomunicaciones, en particular considerando la clasificación de los proyectos por tipo de funcionalidad entregada por Ferrer Durá el año 2003 y utilizando el modelo de jerarquización de redes de Cisco extrapolándolo al caso de proyectos de instalación en telecomunicaciones.

La base de conocimiento sobre la cual se pretende establecer un apoyo efectivo al manejo de proyectos, tanto en la planificación como durante el control y seguimiento de recursos, se estructura sobre el modelo antes mencionado, ya que permite definir con precisión un proyecto de instalación en el área de telecomunicaciones con lo que se logra una correcta clasificación de estos que pueda ser utilizada para obtener información relevante de proyectos anteriormente realizados de manera simple y precisa.

5.1.1 Planificación

De acuerdo a la *American Management Association*, la planificación “consiste en determinar los que se debe hacer, cómo se debe hacer, que acción debe tomarse, quien es responsable de ella y por qué”. Para otros autores “el futuro no hay que preverlo, hay que crearlo. El objetivo de la planificación debiera ser diseñar un futuro deseable e inventar el camino para conseguirlo”.

La planificación juega un rol de gran relevancia en la obtención y administración de compromisos confiables entre los participantes de un proyecto, a distintos niveles. Es una función dinámica, que debe actualizarse permanentemente debido a que corresponde a tomar decisiones anticipadas respecto de un futuro que no se conoce en forma perfecta.

La planificación es por cierto una de las etapas más relevantes de un proyecto, puesto que involucra todas aquellas proyecciones que se hagan para determinar los tiempos requeridos, los recursos a utilizar, la tecnología involucrada, entre otros, y que finalmente impacta en el costo en el que se incurrirá durante el desarrollo de este, de forma tal que si es mal planificado puede desembocar en un aumento de tiempo y costos suficientemente grande como para producir el fracaso del proyecto, lo que por demás se da con bastante frecuencia³⁰.

Como parte fundamental de este proceso se tomó en consideración los conceptos obtenidos de la metodología y estándares del PMI y CMMI respectivamente. Estos fueron analizados en profundidad con lo que fue posible determinar una serie de elementos que permiten definir con claridad un proceso de planificación de proyectos y tomando en consideración por supuesto que se desea manejar proyectos de instalación de telecomunicaciones siguiendo los objetivos planteados al inicio de este trabajo.

³⁰ Ver Motivación, Capítulo 1.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Los elementos de diseño recogieron todas aquellas características presentes en un proyecto y que deben ser consideradas durante la planificación como por ejemplo: duración, ciclo de vida, esfuerzo y costo, recursos, etc. Cada uno de ellos fue detallado para explicar como influye dentro del diseño de la solución, y como se relaciona con otros elementos de diseño.

Un aspecto importante que se tomó en cuenta para el diseño y desarrollo y que impacta especialmente durante la planificación es el de la definición de tareas o actividades a ser realizadas durante un proyecto, y que considera cual es la dependencia entre estas tareas, cuanto tiempo requiere realizarlas, que recursos necesitan, entre otros, y que se ve finalmente reflejada en la construcción de una carta gantt que detalla todo lo que debe ser realizado durante la implementación del proyecto.

Para esto se decidió aprovechar la base de conocimiento construida con los proyectos de instalación de telecomunicaciones y el modelo de tipificación de estos, con lo cual se logró que para cada nuevo proyecto a planificar fuese posible obtener proyectos de características similares y que pudiesen entregarle al nuevo proyecto la base de las tareas a realizar, tiempos, costos, etc. de manera que el responsable encargado de la planificación solo tenga que realizar cambios menores a la planificación ya realizada, y de la cual ya se tiene por supuesto una cierta experiencia del trabajo realizado lo que fortalece aún más la planificación del nuevo proyecto.

5.1.2 Asignación

Actualmente, no es posible desarrollar proyectos con tecnologías de avanzada y personal calificado, haciendo uso de procesos obsoletos de dirección y manejo de proyectos. Una decisión inoportuna o mal planificada pone en peligro el cumplimiento de los objetivos y resultados del trabajo desarrollado por los integrantes del proyecto.

Las empresas generalmente disponen de personal calificado y potentes sistemas informáticos montados sobre sus redes de computadoras, que hacen factible el manejo de proyectos haciendo uso de las nuevas tecnologías de la informática y las comunicaciones, con el objetivo de garantizar el balance adecuado entre el sistema de dirección y el nivel tecnológico alcanzado en los procesos productivos o de los servicios entregados.

La asignación de recursos dentro del manejo de proyectos constituye uno de los problemas más importantes por su incidencia principalmente en la duración y los costos del proyecto.

Junto a lo anterior se hace muy necesario el uso de las TIC como apoyo a la asignación de los recursos en los proyectos, con el objetivo de obtener la información necesaria para efectuar de manera óptima y con la mayor precisión posible dicho proceso.

Por otro lado cuando la asignación se realiza mediante un procedimiento manual se hace más difícil la reducción del tiempo con la asignación de nuevos recursos, pero cuando se ejecuta mediante un sistema informático, es posible realizar determinados cálculos que faciliten los análisis y la toma de decisiones, teniendo presente la ruta crítica, el costo y la disponibilidad de recursos.

Es por todo esto que se propuso diseñar un modelo de asignación de recursos que entregara un resultado óptimo respecto a como redistribuir los recursos técnicos de los proyectos de instalación de telecomunicaciones, tomando en consideración una serie de elementos que fueron establecidos durante el proceso de planificación.

Se optó finalmente por un modelo de programación lineal que considera como función objetivo la minimización de los costos incurridos en el proceso de asignación, y que establece un escenario óptimo posible en el que los distintos recursos estarán designados a cada uno de los proyectos a implementar y en el que dicha configuración representa el costo más bajo con el que se pueden desarrollar dichos proyectos dados los recursos disponibles. Cada una de las restricciones del modelo corresponden a consideraciones tomadas en base a un estudio exhaustivo de cuales son las problemáticas más recurrentes que se presentan al momento de realizar una asignación de recursos, y que son parte de la labor tanto de los jefes de proyectos como del responsable principal de ellos.

Es posible encontrar muchas similitudes en los procesos de asignación para distintos tipos de proyectos de ingeniería, es por eso que se tomaron todos aquellos elementos comunes y fueron plasmados en el diseño del modelo.

5.1.3 Control y Seguimiento

Por un lado el seguimiento corresponde a la obtención y análisis de la información sobre el desempeño hasta el momento en que se realiza el control, utilizando como base de referencia y comparación la planificación. De esta forma es posible identificar variaciones en el plan, y proyectar el desempeño futuro del proyecto.

Por otro lado el control se refiere a tomar acciones en base a la información entregada por el seguimiento, es decir, actuar sobre los factores que generan las variaciones. El poder controlar efectivamente los proyectos es un elemento muy relevante para entregar una administración proactiva.

Debido a que para el caso del seguimiento y control de proyectos existen un gran número de posibles formas de realizar dichos procesos, y que dependen de cada caso particular de proyecto a realizar, y que para el caso de los proyectos de instalación de telecomunicaciones dependerán de cada tipo de proyecto (Core, Distribución, NGN, entre otros) así como de las características que estos presenten en cuanto a las familias a las que pertenezcan (estándar, singular, ampliación, mejoramiento, etc.) y que estarán relacionadas con ciertos criterios que estos posean como los costos, los plazos, la cantidad de recursos, entre otros.

Todo lo anterior determinará diferentes formas de implementación de los proyectos lo que por ende impacta en la forma en la que estos serán seguidos y controlados.

Por las razones anteriores se decidió diseñar flujos más bien generales de seguimiento y control, los cuales fueron diseñados tanto en la arquitectura de macroprocesos estando relacionados con los procesos de planificación y asignación, como en los diagramas de secuencia, los que detallan claramente como los diferentes actores llevan a cabo estos procesos y de que forma interactúan con las tecnologías utilizadas (bases de datos, paginas Web, controladores, etc.).

5.1.4 Diferencias con Soluciones Existentes

Existen numerosas soluciones que buscan apoyar integralmente el manejo de proyectos, las cuales están formadas en muchos casos no de un solo sistema sino varios sistemas y plataformas que se comunican entre sí entregando todo tipo de funcionalidades y que a su vez apoyan a otras áreas de negocio. Estas soluciones no sólo se preocupan por entregar las herramientas necesarias a los involucrados en cada proyecto para que estos puedan implementarlo correctamente, sino que toman en cuenta al cliente y como entregarle a él un producto o servicio de la mayor calidad, haciéndolo parte del proceso de planificación e implementación del proyecto.

A continuación se mencionan algunas de las soluciones encontradas:

5.1.4.1. AuraPortal

Es una solución de gestión de proyectos que considera para ello 4 elementos fundamentales [8]:

- BPM (Gestión de Procesos) con Reglas de Negocio
- Intranet/Extranet con Workflow
- Gestión documental sobre MS SharePoint³¹
- Portales para Comercio Electrónico y Página Web

Soporta todo el ciclo de gestión de los proyectos definido como: configuración, planificación, ejecución, seguimiento y medición de los resultados.

- **Configuración**

Se fijarán los objetivos, se definirán los recursos que deben intervenir (personal, equipo, etc.), se establecerán previsiones de costes y tiempos y se le dotará de toda la información necesaria para su realización.

³¹ Sistema que permite la colaboración entre usuarios e integrar las aplicaciones de escritorio como MS Office, MS Project, entre otras. Posee diversas herramientas de control de contenidos.

- **Planificación**

Podrá establecerse una planificación del desarrollo de un proyecto tan amplio y detallado como se desee. Las fases de desarrollo y las tareas a realizar se determinarán siempre en función del nivel de control que se quiera obtener sobre las actividades y recursos que van a intervenir.

- **Ejecución**

Se incrementa de forma natural el éxito de los proyectos gracias al control y la información. Permite automatizar todas las etapas y el flujo de trabajo de los proyectos, desde su creación hasta su conclusión.

- **Seguimiento y Medición de los Resultados**

Permite análisis inmediatos de la marcha de los proyectos de forma automática y al día, comparando datos previstos frente a realizados, permitiendo el análisis de la ejecución del proyecto.

5.1.4.2. IFS Applications

Es un conjunto de soluciones enfocadas especialmente para el sector de las telecomunicaciones, que ofrece soporte a nivel mundial a operadores de telefonía tanto fija como móvil, compañías de radiodifusión, ISP's y empresas de construcción y mantenimiento de redes. [20]

Aspectos diferenciales de IFS son entre otros, su funcionalidad específica para el sector, su experiencia contrastable y una arquitectura basada en componentes que permite precios ajustados, implementación gradual paso a paso y facilidad de integración con aplicaciones de terceros.

Con IFS se seleccionan e implementan solamente el conjunto de componentes de negocio que sean necesarios y se añade nueva funcionalidad de acuerdo al incremento de necesidades.

En particular para la gestión de proyectos la solución de IFS controla y da visibilidad a la ejecución y el progreso de cada proyecto. Soporta la obra en curso o la instalación de equipamientos, el reporte de situación y el seguimiento de las actividades de proyecto así como la introducción de datos de tiempo, gastos de viaje o cualquier otro tipo de costes.

5.1.4.3. Project Management de SAP Business One

Esta solución se enmarca dentro de las soluciones verticales que entrega SBO³² [39] y que corresponden a soluciones internacionales complementarias a SBO y que han sido adaptadas a las necesidades locales.

Project Management es una solución de gran alcance para las industrias de servicio inmersas en grandes proyectos y está diseñada para adaptarse a diferentes tipos de clientes.

Se integra rápidamente en las operaciones diarias. Es una solución fácil de utilizar con un corto período de implementación, para que el usuario pueda aprovechar rápidamente las ventajas de su implementación.

Ofrece una amplia gama de características y de funciones, proporcionando todas las herramientas necesarias para la gerencia acertada de los proyectos, incluyendo el planning, la gerencia de recursos, el análisis, la facturación y el cálculo de los proyectos múltiples, servicios, la gestión del tiempo de los empleados así como los costos de los traslados.

5.2 Discusión “Metodología PMI y Estándar CMMI en los proyectos de Telecomunicaciones”

El entorno actual de desarrollo de proyectos a nivel mundial, presenta condiciones de cambio acelerado permanente lo que genera por supuesto constante incertidumbre, la aparición cada vez más rápido de competencia, ciclos de vida menores de productos, tecnología accesible a cada vez más individuos, menores tiempos de producción, recursos limitados, mayor grado de complejidad de los desarrollos, mayores niveles de innovación, y necesidad de mayor eficiencia operacional, etc.

Todo lo anterior motiva a buscar cada vez con mayor fuerza metodologías para el manejo o administración de proyectos que permitan entre otras cosas realizar más trabajo con menor cantidad de recursos en menor tiempo, mantener un mejor control de los cambios, incrementar la calidad de los productos y servicios entregados, e incrementar la rentabilidad del negocio, entre otros.

Los proyectos de telecomunicaciones y en particular los de instalación no son ajenos a esta problemática, dadas la complejidad que estos presentan en cuanto a las tecnologías aplicadas, la cantidad de recursos requeridos, la competencia permanente entre las empresas del sector, las regulaciones existentes, etc. Con lo que entregar como apoyo al desarrollo de este tipo de proyectos metodologías para el manejo de proyectos es sumamente relevante.

A continuación se discutirá sobre los 2 estándares utilizados para el desarrollo de la solución.

³² SAP Business One.

5.2.1 Metodología PMI

La metodología PMI entrega una serie de beneficios enfocados a la administración de proyectos, los cuales se mencionan en la siguiente tabla:

Eficiencia Operacional	Integración	Oportunidades
Asignación de Recursos Plazos Costos y Presupuesto Identificación de Riesgos	Planificación Control y Seguimiento Desarrollos Paralelos Aprovechar Conocimiento	Mayor Rentabilidad Aumento Calidad de Productos y Servicios Satisfacción del Cliente

Tabla 7: Beneficios de la Metodología PMI

Los beneficios aquí mencionados son precisamente los que motivan a utilizar esta metodología para el diseño de la solución, ya que considera los elementos suficientes para el correcto manejo de proyectos.

Pero pese a esto existen también desventajas en la aplicación de esta metodología y que se pueden ver a continuación:

- Se requiere de una mayor inversión
- Puede generar conflictos dentro de la organización
- Requiere que parte del tiempo de trabajo sea utilizado en la generación de documentos.
- Toma un tiempo no menor ajustar la correcta aplicación de la metodología.
- Requiere que exista flexibilidad por parte de los individuos.
- Entre otras.

Pese a lo anterior, se optó por seguir el diseño utilizando los elementos entregados por esta metodología, para los cuales se consideró lo siguiente:

- **Gestión del Tiempo:** Fue contemplado que gracias a la correcta definición de las tareas, su secuenciación y una precisa estimación de los recursos requeridos para realizarlas (para lo que fue considerado un atributo de esfuerzo de tareas), es posible evitar grandes variaciones entre lo planificado y el resultado final del proyecto. Para esto se requiere de una base de conocimiento sólida formada por un número importante de proyectos de instalación de telecomunicaciones.

- **Gestión de los Costos y Recursos:** Como una forma de determinar con mayor precisión los costos a incurrir durante los proyectos y particularmente como apoyo al proceso de asignación, es que se requiere nuevamente de un número importante de proyectos que permitan realizar buenas estimaciones de costos, y que se traducirá en entregarle al cliente un presupuesto más preciso y evitar sorpresas desagradables al cierre del proyecto.
- **Gestión de las Comunicaciones:** Se planteó precisamente como consideración para el diseño de los flujos de trabajo (Workflows), ya que es una necesidad que los actores relevantes puedan conocer permanentemente el estado de los proyectos, así como que la información de problemas y soluciones quede documentado para el desarrollo de futuros proyectos.
- **Gestión del Alcance:** Esta relacionado directamente con las tareas o actividades típicas de los proyectos de instalación de telecomunicaciones, las cuales fueron definidas en la memoria “Tipificación y Metodología para Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones” [29], de forma tal que estarán consideradas en los proyectos ingresados, particularmente en las cartas gantt de cada uno de los proyectos de instalación de telecomunicaciones.
- **Gestión de la Integración:** Se consideró a nivel general como el área encargada principalmente de la supervisión de los procesos definidos en la arquitectura de procesos y de documentar los criterios definidos para los proyectos de instalación.

No fueron consideradas las gestiones de riesgo ni de adquisiciones, no porque no sean relevantes, ya que son de vital importancia y es necesario tenerlos muy presente para llevar un buen manejo de proyectos, sino que para efectos de la solución propuesta y la herramienta desarrollada, no fue necesario considerarlos. Su utilización quedará propuesta para futuros trabajos en los cuales será necesario profundizar en dichos temas.

5.2.2 Estándar CMMI

Poniendo en el contexto de las etapas de evolución del CMMI es posible ver que el manejo de proyectos corresponde al primer paso y uno de los más difíciles para una organización en llevar a cabo para mejorar sus procesos:



Figura 81: Gestión Básica de Proyectos en las Etapas de Evolución del CMMI

Las consideraciones básicas para el manejo de proyectos de acuerdo a lo definido en este estándar entregaron 3 fases principales y que son: el establecimiento de las estimaciones, el desarrollo de un plan, y la obtención de los compromisos con el plan. Las 2 primeras fases fueron las consideradas para el diseño de la solución y que coincide con lo establecido por el PMI en las áreas de gestión de tiempo, costos, recursos y alcance. Por otro lado los compromisos con el plan deberán ser tratados tomando en consideración los compromisos que serán requeridos para una eventual implementación de la solución propuesta en una empresa de telecomunicaciones.

5.2.3 Enfoques Alternativos

Las metodologías y estándares utilizados para el desarrollo del trabajo de tesis han sido probados como formas efectivas de abordar el manejo de proyectos así como todo aquello asociado a la gestión de estos, pero claramente estos no son los únicos existentes.

Basado en los sistemas de gestión de una conocida empresa de automotriz Japonesa a nivel mundial, *Lean Project Delivery* o Entrega de Proyectos sin Pérdidas es un enfoque de *Lean Construction* o Construcción sin Pérdidas que busca el mejoramiento del desempeño durante la fase de ejecución de proyectos cubriendo además un conjunto de funciones para los procesos administrativos de las organizaciones, enfoque que ha tomado cada vez mayor fuerza.

LPD ha sido diseñado considerando los sistemas de reducción de perdidas y que agregan valor sistemáticamente en el proceso de manufactura, también llamado *Lean Production* o Producción sin Pérdidas [3].

El aumento en la aplicación de LPD ha logrado que las prácticas de este se propaguen verticalmente en la cadena de valor, incorporando una nueva mirada en el diseño, abastecimiento y contratación de recursos en los proyectos

Sumado a este enfoque aparece un sistema de planificación y administración, que muestra cabalmente la introducción de LC en la fase de ejecución de proyectos, llamado *Last Planner System*. La aplicación de LPS en diversos proyectos ha dado prueba de mejoras en ámbitos como: los costos, los tiempos, la calidad y la seguridad.

Precisamente el comienzo de LPS está dado por las críticas a las metodologías del PMI particularmente en el área de la construcción.

5.3 Discusión “Arquitectura de Procesos”

Como se mencionó en el capítulo 2, la estandarización de procesos de negocios por intermedio de los PPN busca sintetizar el conocimiento empírico y la experiencia de procesos de negocios en estructuras sin una formalización clara, es decir, que no tienen una descripción formal respecto de los elementos que conforman dichas estructuras. Esto busca evitar que existan dificultades en la aplicación de patrones para el modelamiento de procesos y que se presenten en una serie de otros estándares SCOR, eTOM, FEA, etc.

Algunos de los problemas principales que logra resolver este estándar a diferencia de los otros y por lo cual se utiliza para el diseño de la solución propuesta son:

1. No hay una sola interpretación, por parte de los diseñadores, de los elementos de las estructuras, lo que produce problemas de aplicación, pues es poco directa la asociación con elementos de un proceso real. Esto no pasa en la ingeniería tradicional, donde las estructuras estándares tienen elementos simples de identificar, como redes, cables, conexiones, etc.
2. La mayoría de los modelos genéricos no explicitan aspectos fundamentales de la gestión de negocios, tales como coordinación, centralización o descentralización y el rol de la tecnología en las actividades del proceso, lo cual hace que las opciones de rediseño desde el punto de vista de gestión no estén claras.
3. Por ende los modelos no explicitan una gran cantidad de conocimiento tácito del proceso, lo cual dificulta su uso práctico y perjudica la calidad de los rediseños basados en ellos.

Con todo esto se tiene un patrón que permite modelar adecuadamente los procesos que formarán parte de la solución para el manejo de proyectos de instalación de telecomunicaciones, considerando todos los elementos de diseño mencionados en la metodología, de manera de definir la arquitectura sobre la cual se regirán los procesos que conforman la solución y que consideran a grandes rasgos la planificación, la asignación de recursos y el seguimiento y control de los proyectos.

Pese a lo anterior es necesario recalcar que si bien se buscó entregar una arquitectura lo más detalladamente posible de forma que considerara la mayoría de los elementos que pueden incidir particularmente durante el manejo de los proyectos, es todavía una estructura general que requiere de mayor detalle especialmente para los procesos de seguimiento y control, en los cuales los flujos de trabajo o workflows deberán ser focalizados a cada uno de los tipos de proyectos de instalación de telecomunicaciones sobre los cuales se deba trabajar, con lo que en principio se tendrán 6 diferentes workflows correspondientes a los proyectos de instalación de Core, Distribución, Acceso Cableado, Acceso Inalámbrico, NGN y Servicios de Valor Agregado.

Por último es posible comentar que la ayuda que entrega la modelación de los procesos junto con el estudio de la solución facilita de manera considerable el posterior diseño de esta, ya que se obtiene una comprensión más acabada de cual es el funcionamiento de una organización y por ende cuales son sus falencias con el fin de elaborar herramientas que se ajusten a sus necesidades.

5.4 Discusión “Prototipo de Planificación Implementado”

Como parte de los resultados obtenidos durante el desarrollo de este proyecto de tesis es que se desarrolló un prototipo que pudiese ejemplificar en una primera aproximación cómo debería ser la herramienta de gestión diseñada, cómo será la interacción de los usuarios con ella, cuales funcionalidades serán utilizadas y cuál deberá ser el diseño de las pantallas de manera que haga más amigable su uso.

A continuación se discutirán los puntos más significativos en el desarrollo del prototipo y que corresponden a las características de código abierto de la aplicación, a cómo fue incorporado el modelo de tipificación siguiendo el diseño previo, las características de conexión de la aplicación Web con GanttProject y el diseño de la interfaz para facilitar la tarea al usuario.

5.4.1. Características Open Source

Fue necesario realizar el desarrollo del prototipo en un lenguaje open source como lo es Java, esto por el carácter docente del proyecto de tesis y porque son precisamente las aplicaciones de este tipo las que están comenzando a tener mayor relevancia ya no sólo a nivel académico sino también a nivel corporativo, y porque también permite que futuros memoristas puedan trabajar sobre herramienta añadiéndole funcionalidad para construir una aplicación más robusta y con más capacidades o simplemente utilizando algunos de sus bloques funcionales para la realización de nuevas aplicaciones.

Fue también posible lograr que la mayoría de las herramientas con las cuales se trabajó para el desarrollo del prototipo fueran de código abierto, como es el caso de la base de datos MySQL, el administrador de esta base de datos EasyPHP, el entorno de desarrollo basado en Eclipse llamado Red Hat Developer Studio y JBOSS que es un servidor de aplicaciones J2EE totalmente de código abierto e implementado en Java.

Por supuesto la herramienta que permite la creación y despliegue de cartas gantt llamada GanttProject, con la cual fue necesario realizar la interconexión con la aplicación Web desarrollada, también es una herramienta open source, razón por la cual se obtiene una aplicación completamente de código abierto, flexible y sujeta a futuras modificaciones.

5.4.2. Incorporación del Modelo de Tipificación

Para el desarrollo de la aplicación fue necesario considerar todos los elementos utilizados en el diseño de la solución, y en particular los elementos entregados por el modelo de tipificación de proyectos de instalación de telecomunicaciones, del cual se obtuvo la base para desarrollar el repositorio de proyectos de instalación de telecomunicaciones y que conforman la base de conocimiento de la herramienta. La estructura de la base de datos se puede ver en el diagrama de clases físicas de la arquitectura de diseño de la solución en el capítulo 4, y también en mayor detalle en anexos.

Los proyectos ingresados debieron seguir algunas de las características correspondientes a las familias de proyectos definidas en el modelo de tipificación, así como los criterios y los valores de estos que son asociados a cada uno de los proyectos que ingresa a la base de datos, es así como se tiene diferentes tipos de proyectos de Core, Distribución, Acceso Cableado, Redes Inalámbricas, NGN y Valor Agregado.

Junto con esto se consideró el uso de algunos proyectos tipo para poder determinar las tareas y actividades a realizar por cada uno de ellos, las dependencias existentes entre ellos y los recursos requeridos, de manera de generar cartas gantt más realistas y que se ajusten a los proyectos implementados actualmente.

Es necesario aclarar que dado que la herramienta basa su precisión en la calidad de la base de conocimiento de la que disponga, los resultados obtenidos de parte de la aplicación al momento de buscar proyectos similares al proyecto ingresado serán en principio imprecisos, puesto que la base sólo contará con un número reducido de proyectos de instalación de telecomunicaciones, debido a que no se dispone de mucha información al respecto.

5.4.3. Conexión entre la Aplicación y GanttProject

La opción de poder interconectar la aplicación Web desarrollada en Java con la herramienta de manejo de diagramas gantt, GanttProject, fue posible gracias a el manejo de lenguaje XML, el cual permitió por un lado almacenar los proyectos en la base de datos utilizando este formato, y por otro lado permitiendo crear proyectos nuevos de base utilizando

parte de la información ingresada (nombre de proyecto, código, fechas, recursos) para generar una carta gantt inicial que pueda ser modificada incorporando las tareas o actividades propias de los proyectos en cuestión.

El lenguaje XML (aunque en realidad no es considerado un lenguaje si no como una manera de definir lenguajes para distintas necesidades) permite de manera sencilla intercambiar información estructurada entre diferentes plataformas, como bases de datos, editores de texto, hojas de cálculo, y como en este caso aplicaciones en principio diferentes. La estructura en XML de una carta gantt creada en GanttProject se puede ver en la sección de desarrollo del prototipo en el capítulo 4, al igual que la estructura de una gantt básica.

Es también interesante comentar que GanttProject es perfectamente compatible con MsProject, y que fue probado exportando proyectos a ambas aplicaciones, y que a su vez Project permite también el manejo de diagramas gantt por intermedio de XML, lo que facilitaría la futura adopción de MsProject como herramienta de manejo de cartas gantt dando más flexibilidad a la aplicación.

Pese a lo anterior existe todavía un paso manual en el cual se requiere abrir GanttProject para luego introducir manualmente el archivo XML correspondiente a la carta gantt del proyecto, esto pues no ha sido posible ejecutar directamente el archivo de manera que sea abierto inmediatamente por la herramienta.

5.4.4. Diseño de Pantallas e Interfaz de Usuario

Finalmente el diseño estipulado para la aplicación desarrollada consideró factores de utilidad para los usuarios, para lo cual fue necesario observar diseños de otras aplicaciones existentes estudiando que configuraciones son las que entregan una mejor interfaz.

Como resultado se obtuvo un diseño simple, con imágenes que dieran cuenta del nombre de la aplicación, de la universidad y de que la aplicación corresponde a un proyecto de memoria de título, y que a su vez poseen colores claros agradables a la vista. Se diseñaron 12 páginas Web en las cuales aparecen reflejados los diferentes pasos tanto del ingreso de nuevos proyectos como de la búsqueda de proyectos almacenados, de manera que en cada uno de ellos se definió una estructura simple y ordenada para el despliegue de la información utilizando principalmente tablas.

Un punto importante fue el diseño de una página de resumen antes de almacenar el proyecto en la base de datos desplegando toda la información seleccionada para el proyecto nuevo ingresado, y que resulta muy útil para verificar que la información es la correcta y disminuir la cantidad de proyectos mal ingresados.

Por último es necesario comentar que dada la forma en la cual fue construida la aplicación, es posible modificar el diseño de la mayoría de las páginas de manera relativamente sencilla, ya que se tomó la precaución de separar la parte lógica del interfaz en casi todas las páginas en la permanente búsqueda de flexibilidad y modularidad de los desarrollos.

Capítulo 6

Conclusiones

En este capítulo se dan a conocer las conclusiones finales del trabajo de memoria de título y se detalla el cumplimiento de los objetivos planteados, los principales problemas generados durante el desarrollo del trabajo y cuales deberían ser los caminos a seguir para continuar en esta línea de trabajo.

6.1 Conclusiones Generales

Por medio de este trabajo de memoria de título fue posible desarrollar una solución capaz de facilitar el manejo de proyectos de instalación de telecomunicaciones, aprovechando la información existente de proyectos anteriormente realizados y construyendo una base de conocimiento efectiva en base a un modelo de tipificación para proyectos de instalación de telecomunicaciones previamente desarrollado.

La solución diseñada aplica metodologías, estándares y estructuras de procesos de manera de utilizar los elementos necesarios para poder apoyar de manera efectiva 3 de los procesos más relevantes en la administración de proyectos y que son: la planificación, la asignación de recursos y el seguimiento y control de tareas o actividades.

Para lo anterior fue necesario efectuar una exhaustiva investigación respecto toda la información existente en cuanto a dirección de proyectos se refiere, y que incluye estándares en diferentes ámbitos y áreas de la ingeniería, teorías nuevas o ya existentes respecto a las “buenas prácticas” en los proyectos, o para la asignación de recursos la búsqueda de modelos matemáticos o algoritmos que entregaran guías sobre como es efectuado el procedimiento actualmente, y que para este último caso fue particularmente difícil de obtener pues existen referencias superficiales respecto a los procesos de asignación en sí.

Fue así como se realizó un estudio de la metodología para la dirección de proyectos del Instituto de Manejo de Proyectos (PMI), la cual fue también utilizada para el diseño del modelo de tipificación y que fue una de las razones por las que se decidió utilizarla. Esta metodología presenta por un lado varias ventajas en cuanto a una mayor eficiencia operacional (asignación de recursos, determinación de los plazos y costos, etc.), mayor integración (mejor planificación, control y seguimiento, etc.) y la generación de mejores oportunidades (principalmente por una mayor rentabilidad).

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Pero a su vez la metodología del PMI presenta diversas desventajas en cuanto a requerir una mayor inversión, una disminución de la productividad generada en principio por la poca flexibilidad que pueden tener los individuos al considerar “todos” los elementos entregados por la metodología, el requerir tiempos de ajuste o para la generación de documentos, entre otros.

Junto a la metodología anterior fue considerado el estándar CMMI cuyo objetivo está relacionado con la creación de guías de evaluación y mejora de los procesos de desarrollo y mantenimiento de sistemas y productos de tanto de software (por intermedio de su división CMM-SW) como de ingeniería (por intermedio de su división SE- CMM). Si bien su propósito es distinto, ya que a diferencia del PMI el CMMI entrega una visión de mejora de procesos en una organización y que puede tomar como referencia el PMBOK para administrar los proyectos orientados a mejorar la capacidad y madurez de los proceso involucrados en el desarrollo de proyectos.

Los aportes de ambos modelos fueron utilizados en la construcción de una arquitectura de procesos en base a los patrones de proceso de negocios (PPN), lo que permitió en definitiva diseñar la solución en una estructura bien definida tomando en consideración todos los elementos necesarios para realizar el correcto manejo de proyectos de instalación de telecomunicaciones.

En cuanto a los objetivos planteados, se entrega mediante la solución un apoyo al proceso de planificación de forma de proporcionarle a el o los responsables de ingresar los proyectos, información histórica que pueda ser aprovechada para la planificación de los nuevos proyectos ingresados, como son las cartas gantt de todos aquellos proyectos de instalación que tengan características similares a los nuevos proyectos en cuanto a la familia de proyectos a la cual pertenecen y los criterios (y valores) que tienen asignados.

Fue posible también incorporar como apoyo al desarrollo e implementación de los proyectos el diseño de los procesos encargados de entregar la información de problemas y soluciones a los recursos ejecutores de las tareas de forma que puedan hacer uso de esta información que en la mayoría de los casos queda solamente en aquellos que realizaron las tareas anteriormente, y no en un repositorio formalmente establecido.

Adicionalmente se logró diseñar un modelo de asignación de recursos técnicos encargados de la implementación de cada uno de los proyectos planificados, de manera de tomar en consideración las variables necesarias para optimizar el manejo del proyecto, disminuyendo los tiempos de “recurso ocioso” y por ende de los costos. El asignador fue modelado como un Problema de Programación Lineal (PPL) y posteriormente fue programado utilizando para ello un programa especializado para este tipo de modelos de optimización. Si bien se realizaron pruebas positivas con el modelo programado, para comprobar la efectividad del modelo es necesario realizar pruebas en situaciones reales en las cuales se requerirá disponer de un conjunto de proyectos y de técnicos a los cuales efectuar la asignación y contrastarla con los resultados sin la herramienta.

Al igual que en el caso de la entrega de información de problemas, el proceso de seguimiento y control de tareas fue logrado hasta el nivel de diseño, puesto que si bien se definió parte importante de cómo debería ser su desarrollo incluyendo que herramientas deberían ser utilizadas en dicho caso, no fue posible desarrollar un prototipo que implementara los flujos de trabajo (Workflows) en un motor que orquestara el desarrollo de un proyecto, realizando envío de alertas, manteniendo actualizada las cartas gantt de los proyectos, y estableciendo la comunicación efectiva entre los actores involucrados en cada proyecto.

Respecto de la capacidad de la solución propuesta, en cuanto a la metodología de diseño de la solución y los modelos sobre los cuales está basada, es posible decir que es aplicable no sólo a proyectos de instalación de telecomunicaciones, sino cualquier otro tipo de proyectos de ingeniería, dadas las características por un lado del modelo tipificador de proyectos de instalación de telecomunicaciones que permite incorporar nuevos tipos de proyectos a las familias de proyectos considerando eso si nuevos criterios que estén asociados a ellos.

Junto con esto los diseños de los procesos de planificación, asignación, seguimiento y control de proyectos de instalación de telecomunicaciones dejan abierta la posibilidad de poder ser aplicados a otro tipo de proyectos de ingeniería, dada la flexibilidad del diseño realizado y que queda plasmado también en el prototipo de planificación desarrollado, el cual fue construido con la modularidad necesaria para poder incorporar nuevos elementos de clasificación, esto es, nuevas familias de proyectos (Magnitud, Naturaleza, Tipo de Servicio), nuevos tipos de familias (Pequeños, Singulares, Apertura, Mejoramiento, Core, NGN, etc.) y nuevos criterios asociados (Plazos, Costos, Tamaño, Migración, Ancho de Banda, etc.).

Finalmente cabe destacar el aporte realizado por este trabajo de memoria de título, el cual permitiría apoyar el desarrollo de futuros proyectos de instalación de telecomunicaciones entregándoles a los responsables de estos las herramientas para simplificar, y hacer con mayor precisión los procesos de planificación, asignación de recursos, seguimiento y control de proyectos. Todo esto entregará como beneficios más tangibles la reducción en los tiempos de implementación y por ende de entrega de los proyectos, el ahorro de costos en el uso de los recursos y en una mejor utilización de los recursos en general.

6.2 Limitaciones de la Herramienta

De acuerdo a lo descrito en este trabajo de memoria de título, existen limitaciones para los resultados obtenidos y que están explicadas a continuación:

- Es necesario incluir un número importante de proyectos de instalación de telecomunicaciones de forma que los resultados entregados por el prototipo de planificación sean efectivamente los esperados, puesto que de lo contrario se le entregará el responsable un proyecto que puede no ser muy similar al proyecto que está planificando.

- La solución y el prototipo en particular carecen de la funcionalidad entregada por otras herramientas existentes en el mercado y que en muchos casos se asocian con otras para formar una gran plataforma de administración.
- Las limitaciones que presenta el modelo de tipificación de proyectos de telecomunicaciones son a su vez traspasados a esta herramienta, aunque existe eso si la flexibilidad necesaria para incorporar nuevos tipos de proyectos y actualizar la solución.
- Se utilizaron consideraciones generales en algunos puntos de los procesos diseñados, debido a que implicaba extender en demasía el trabajo realizado y que pueden ser perfectamente abordados en un futuro trabajo de título.

6.3 Recomendaciones para Trabajos Futuros

A continuación se mencionan algunas recomendaciones para futuros trabajos realizados siguiendo esta línea de estudio:

- Tomar como punto de partida los resultados obtenidos con la solución diseñada e incorporarle elementos de los proyectos de instalación de telecomunicaciones como nuevos proyectos y flujos de trabajo con actividades específicas a cada tipo de proyecto, de manera de entregar una mayor precisión a cada uno de los procesos diseñados.
- Ampliar el prototipo diseñado incorporando el modelo de asignación de recursos programado, para lo que será necesario pasarlo a lenguaje Java o compatible con este, de manera de crear una aplicación que interactúe con el prototipo.
- Desarrollar el motor de búsqueda con los flujos de trabajo de los proyectos de instalación de telecomunicaciones a implementar, considerando el diseño ya realizado en este trabajo e incorporar las aplicaciones ya diseñadas conformando una completa herramienta para el manejo de proyectos.
- Incluir otros tipos de proyectos de telecomunicaciones que amplíen la herramienta, como son los nuevos desarrollos en tecnologías como 3G.
- Buscar nuevas metodologías o estándares entreguen nuevos enfoques para abordar los problemas del manejo de proyectos, como lo son el LPD y el LPS, que introducen nuevas prácticas fundamentadas principalmente en desarrollos productivos.

Referencias Bibliográficas

1. ALARCÓN, L. F. 2008. Planificación la base Fundamental. Curso: Administración de Proyectos. Clase 2. La clase R ejecutiva. El Mercurio. Chile.
2. ALARCÓN, L. F. 2008. Seguimiento y Control del Proyecto. Curso: Administración de Proyectos. Clase 6. La clase R ejecutiva. El Mercurio. Chile.
3. ALARCÓN, L. F. 2008. Un Nuevo Enfoque: Lean Project Delivery. Curso: Administración de Proyectos. Clase 10. La clase R ejecutiva. El Mercurio. Chile.
4. ALDANA V., A. L. 2002. Planificación, Diseño y Utilización de Herramientas de Ayuda a la Toma de Decisiones en Tiempo Real. Jornadas sobre sistemas de ayuda a la decisión ante problemas hidráulicos e hidrológicos en tiempo real.
5. AMBRIZ, R. 2002. Tendencias y Mejores Prácticas Globales de la Administración de Proyectos en TI. Universidad Nacional de Costa Rica.
6. ANDRADE B., C., 2005. Diseño de un Sistema de Administración y Control de Proyectos de Telecomunicaciones. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
7. ASENTTI. 2006. Tendencias. Competitividad en IT para el Negocio. PMI –PMBOK. <http://www.cepra.com.mx/asentti_v2/documentos/sinopsis/tendencia_pmi_150207.pdf>
8. AURAPORTAL. Soluciones de Gestión de Proyectos con AuraPortal. <http://www.comunicacionaura.com/AuraPortal/Emails/GAP/E_GAP_SolGestionProyectos.htm>.
9. BARROS V., O. 2004. Ingeniería e – Business, Ingeniería de negocios para la economía digital. J.C. SAEZ editor.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

10. BARROS V., O. 2008. Diseño Integrado de Negocios, Procesos y Aplicaciones TI. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial.
11. BENGOA G., A. 2000. Sistema de Gestión y Control de Proyectos, GESPRO. Fundación Tekniker.
12. CASTILLO, E., CONEJO, A., PEDREGAL, P., GARCÍA, R., ALGUACIL, N. 2002. Formulación y Resolución de Modelos de Programación Matemática en Ingeniería y Ciencia.
13. CERDA E., M. A. 2007. Diseño de un Curso para la Gestión/Tipificación de Proyectos en Telecomunicaciones. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Electricista. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
14. DELGADO V., R., MONTES DE OCA R., M. 2006. Estrategias para la asignación de recursos en la Dirección Integrada por Proyectos apoyada por las Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones.
15. DELGADO V., R., VEREZ G., M. A. 2003. La Dirección Integrada por Proyectos. Apoyada por las Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones en el Marco del Perfeccionamiento Empresarial. Libro de texto. Editado por CETA. ISPJAE. Cuba.
16. DESMOND, C. L. 2003. "Project Management for Telecommunications Managers". Kowler Academic Publishers.
17. ECKEL B. "Thinking in Java, The Definitive Introduction to Object-Oriented Programing in the Language of The World-Wide-Web". 3rd Edition.
18. GONZALEZ S., O. 2006. Concepto y Arquitectura de las redes NGN. UIT / BDT Seminario regional sobre Costes y Tarifas para los países miembros del Grupo TAL.
19. HIDALGO Z., R. 2004. Rediseño del Proceso y Diseño e Implementación de APLICACION E-Business para la Asignación de Técnicos. Proyecto de Grado para Optar al Grado de Magíster Mención Ingeniería de Negocios. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
20. IFS APPLICATIONS. Diseñado para la Industria de Telecomunicaciones. España. < <http://www.ifsworld.com/es/industries/telecommunications/details.asp> >
21. IT KNOWLEDGE EXCHANGE < http://searchsoa.techtarget.com/generic/0,295582,sid26_gci1172072,00.html >
22. JBOSS SERVER MANAGER REFERENCE GUIDE. Version 2.0.0 GA. Copyright © 2007 Red Hat. < www.jboss.org/docs >
23. LAWRENCE P., L. 2000. Critical Chain Project Management. Artech House, Inc.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

24. LONGA F., A. 2007. Modelado UML y Generación de Código. Extracto de Memoria de Título. Valparaíso, Universidad Técnica Federico Santa María.
25. MANUAL DEL USUARIO DE IGRAFX. 2006. Corel Corporation.
26. MANUAL DE USUARIO GANTTPROJECT 2.0.6
27. MARÍN A., J. I. 2000. Introducción al Lenguaje GAMS.
28. Material docente sobre gestión y control de proyectos. Programa de capacitación BID/ILPES. SERIE Manuales. CEPAL.
29. MUÑOZ T., A. O. 2007. Tipificación y Metodología para Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Electricista. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
30. NAVARRO F., J. C. Apuntes del Curso IN77J “Orientación a Objetos para el e - Business”. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
31. OTXOA G., A. 2003. Guía Wireless para Todos. Artículo [en línea] <<http://www.cuantolibro.com/libro/22234/Guia-Wireless-Para-Todos.html>>.
32. PARODI, C. 2001. El lenguaje de los proyectos, en Gerencia social. Diseño, monitoreo y evaluación de proyectos sociales. Lima-Perú: Universidad del Pacífico.
33. PMI-PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Newton Square, PA, USA, [en línea] <<http://www.pmi.org>>
34. POBLETE G., M. A. 2007. Rediseño de Procesos con Apoyo de TIC para Empresas Pequeñas y Medianas de Servicios Profesionales. Proyecto de Grado para Optar al Grado de Magíster Mención Ingeniería de Negocios. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
35. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. 2001. Practice Standard for Work Breakdown Structure.
36. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. 2004. A Guide to Project Management Body of Knowledge 3th edición, PMBok Guide, USA, PMI Communications.
37. RAMIREZ C., Z. 2005. Las Ontologías como Herramienta en la Gestión del Conocimiento. La Habana, Universidad de la Habana, Departamento de Bibliotecología y Ciencia de la Información.
38. RECKER, J. 2008. BPMN Modeling – Who, Where, How and Why. BPTrends.

39. SAP BUSINESS ONE. Soluciones Verticales. ProjectManagement – Gestión de Proyectos. Sistec Tecnología y Sistemas. Bilbao. España.
< <http://sap.sistects.es/maripro.html> >.
40. SCOTT R., J. H. 2007. Rediseño del Proceso de Evaluación Comercial a las Ventas y Seguimiento de Contratos de Telefónica Chile. Proyecto de Grado para Optar al Grado de Magíster Mención Ingeniería de Negocios. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
41. SERRANO V., E. 2004. Eclipse Tutorial.
42. SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE. 2006. CMMI for Development, Version 1.2, USA, Carnegie Mellon.
43. STRUTS FRAMEWORK INTRODUCTION.2006.
<<http://www.exadel.com/tutorial/struts/5.2/guess/strutsintro.html>>.
44. STRUTS VISUAL TUTORIALS.2006.
<<http://www.exadel.com/tutorial/struts/5.2/guess/struttutorial.html>>.
45. THE CHAOS REPORT. Éxito de los Proyectos. Chaos Studies, The Standish Group Internacional, Inc.
<http://www.standishgroup.com/sample_research/chaos_2004_1.php>
46. TORRES P., K. 2004. Diseño de un Sistema de Administración de Proyectos del Instituto Nacional de Estadísticas. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
47. TRENDS REPORT. 2008. The Trends in IT Value. The Standish Group International, Inc.

Acrónimos

3G: The 3rd Generation

A

ATM: Asynchronous Transfer Mode

B

BPEL: Business Process Execution Language

BPM: Business Process Management

BPMN: Business Process Modeling Notation

C

CAPEX: Capital Expenditure

CDMA: Code Division Multiple Access

CMMI: Capability Maturity Model Integration

CMMI-SE: Capability Maturity Model Integration for Systems Engineering

CMMI-SW: Capability Maturity Model Integration for Software Engineering

E

eTOM: enhanced Telecom Operations Map

F

FEA: Federal Enterprise Architecture

FO: Fiber Optic

FTP: File Transfer Protocol

FTTx: Fiber to the (home, Curb, Building)

G

GAMS: General Algebraic Modeling System

Gb: Gigabit

GGSN: Gateway GPRS Support Node

Ghz: Gigahertz

GPRS: General Packet Radio Service

GPS: Global Positioning System

GSM: Global System for Mobile communications

H

HFC: Hybrid Fibre Coaxial
HTTP: Hyper Text Transfer Protocol

I

ICT: Infraestructura Común de Telecomunicaciones
IDEF0: Integration Definition for Function Modeling 0
IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMS: IP Multimedia Subsystem
IP: Internet Protocol
IPM: Integrated Project Management
IPPD: Integrated Process and Products Development
IPTV: Internet Protocol Television
ISDN: Integrated Services Digital Network
ISP: Internet Service Provider

J

JSP: Java Server Pages
JPG: Joint Photographic Experts Group

L

LAN: Local Area Network
LPD: Lean Project Delivery
LPS: Last Planner System

M

MAN: Metropolitan Area Network
Mbps: Megabits por segundo
MMOO: Microondas
MPLS: Multi Protocol Label Switching
MSC: Mobile services Switching Centre
MVC: Model-View-Controller

N

NGN: Next-Generation Network

O

OPEX: Operational Expenditure
OSI: Open Systems Interconnection

P

PERT: Program Evaluation and Review Technique
PMBok: Project Management Body of Knowledge
PMC: Project Monitoring and Control
PMI: Project Management Institute
PP: Project Planning
PPN: Patrones de Procesos de Negocios

PSTN: Public Switched Telephone Network

Q

QAM: Quadrature Amplitude Modulation

QoS: Quality of Service

QPM: Quantitative Project Management

QPSK: Quadrature Phase Shift Keying

R

RNC: Radio Network Controller

RSKM: Risk Management

RRHH: Recursos Humanos

S

SAM: Supplier Agreement Management

SCOR: Supply-Chain Operations Reference

SGSN: Serving GPRS Support Node

T

TI: Tecnologías de la Información

TIC: Tecnologías de la Información y Comunicaciones

ToIP: Telephone over IP

U

UML: Unified Modeling Language

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

UTP: Unshielded Twisted Pair

W

WBS: Work Breakdown Structure

WiFi: Wireless Fidelity

WiMax: Worldwide Interoperability for Microwave Access

WLAN: Wireless Local Area Network

X

xDSL: Digital Subscriber Line

XML: Extensible Markup Language

Anexos

Anexo A: Procesos de Apoyo para la Implementación de Proyectos

Siguiendo en la línea de la arquitectura de procesos diseñada, se mostrará a continuación la “Macro 4” también llamada “procesos de apoyo para implementación” y que considera todos aquellos procesos y subprocesos encargados de la incorporación de nuevos recursos (humanos o materiales) a la organización, de forma que sean administrados tomando en consideración las necesidades e información de los otros macroprocesos: planificación; desarrollo de nuevos productos y/o servicios; y de gestión, implementación y provisión del bien o servicio. La arquitectura general fue ilustrada anteriormente en la figura 35.

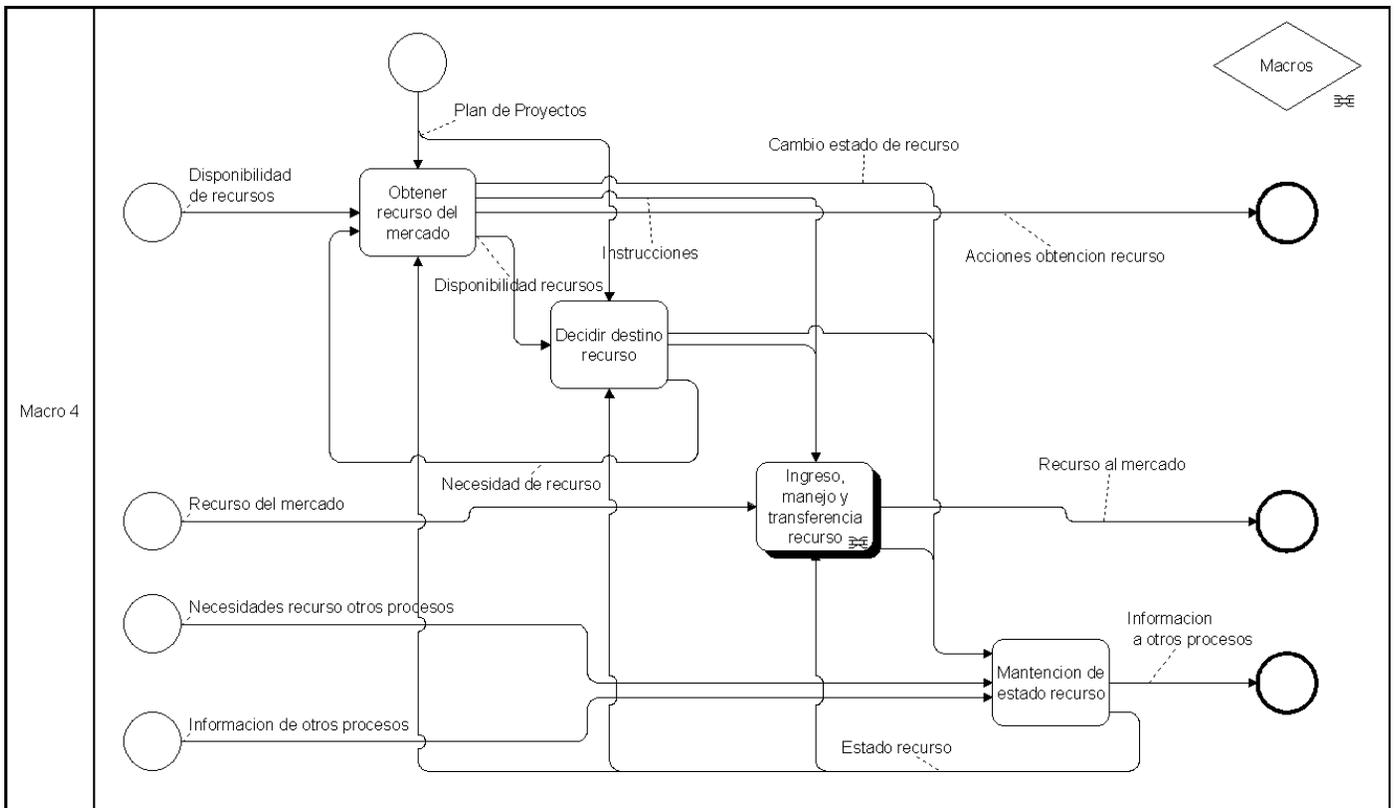


Figura 82. Procesos de apoyo para implementación

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Como se puede apreciar en la figura, se considera por un lado la información de disponibilidad de recursos existente que proviene en particular de los procesos de la cadena de valor (Macro 1), y que para el caso de manejo de proyectos de instalación telecomunicaciones se ve reflejado en la información de disponibilidad de los técnicos, personal externo experto, ingenieros de comunicaciones, ingeniero de obra civil, entre otros.

La información anterior gatilla la necesidad de contratación de nuevos recursos de acuerdo a los requerimientos solicitados, y de la decisión de cual será el destino posterior de cada recurso.

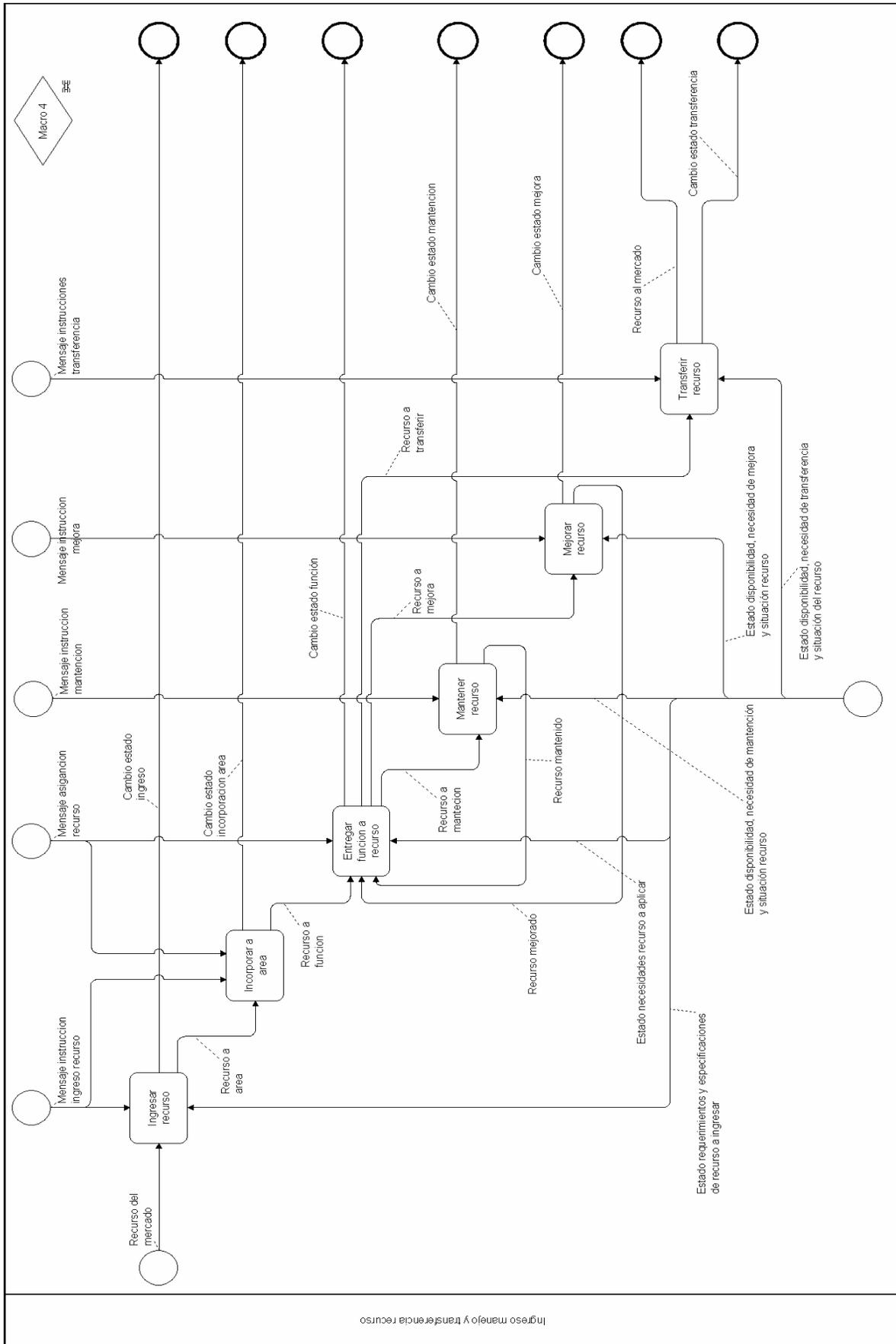
Junto a lo anterior se utiliza también como medida de control de la adquisición de nuevos recursos, la información de control de los planes estratégicos de la organización respecto a la realización de futuros proyectos y el como estos serán abordados de acuerdo a los objetivos planteados.

Una vez definida la obtención de nuevos recursos, se procederá a definir los subprocesos encargados del ingreso e incorporación de los recursos a las diferentes áreas de la organización, de la definición de las funciones que cumplirán cada uno de los recursos y de la mejora de los mismos dependiendo de las funciones que deberán cumplir, que en el caso de nuevos proyectos de acceso inalámbrico puede considerar la capacitación de técnicos en tecnologías como WiMax.

En general los equipos de proyecto son definidos en base a los recursos disponibles en la organización, y es aquí donde toma fuerza el proceso encargado de la transferencia de recursos de manera de reubicar a los diferentes recursos en las áreas y por ende a los proyectos a los que sean un mayor aporte, pero en el caso de la contratación de nuevos recursos, particularmente aquellos recursos sean ingresados de manera provisoria debido a que en la mayoría de los casos realizan tareas de asesoría o desarrollo de trabajos puntuales como es el caso de instalaciones, obras, cableado, etc.; el proceso de transferencia no tendrá la connotación de transferir al recurso dentro de la organización a diferentes áreas o proyectos, sino más bien cumple la función de devolver al recurso al mercado, es decir, simplemente despedirlo.

En la figura siguiente se muestra lo mencionado anteriormente, y que corresponde al subproceso denominado “Ingreso, manejo y transferencia recurso”:

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones



Anexo B: Gantt's de Proyectos de Instalación

Con el fin de definir tareas más particulares para los proyectos de instalación de telecomunicaciones se mostrarán a continuación las cartas gantt correspondientes a cada uno de los tipos de proyectos pertenecientes a la categoría de tipo de servicio y particularmente con las características de proyectos estandarizables y de apertura, esto debido a la gran cantidad de posibilidades existentes entre los diferentes proyectos. Las estructuras de estas cartas gantt fueron tomadas de la memoria de Ariel Muñoz [29], el cual utilizó a su vez como referencia la información de las licitaciones públicas de la Compañía Paraguaya de Comunicaciones.

Los diagramas fueron realizados utilizando Microsoft Project Professional 2007.

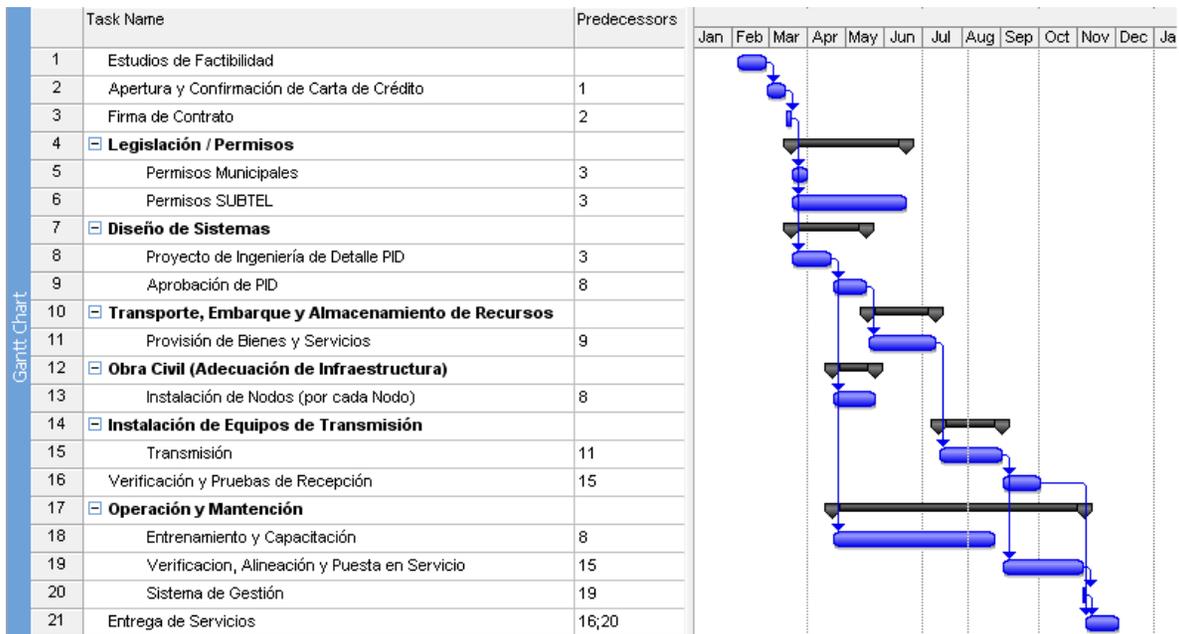


Figura 84: Gantt Tipo de Proyectos de Core

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

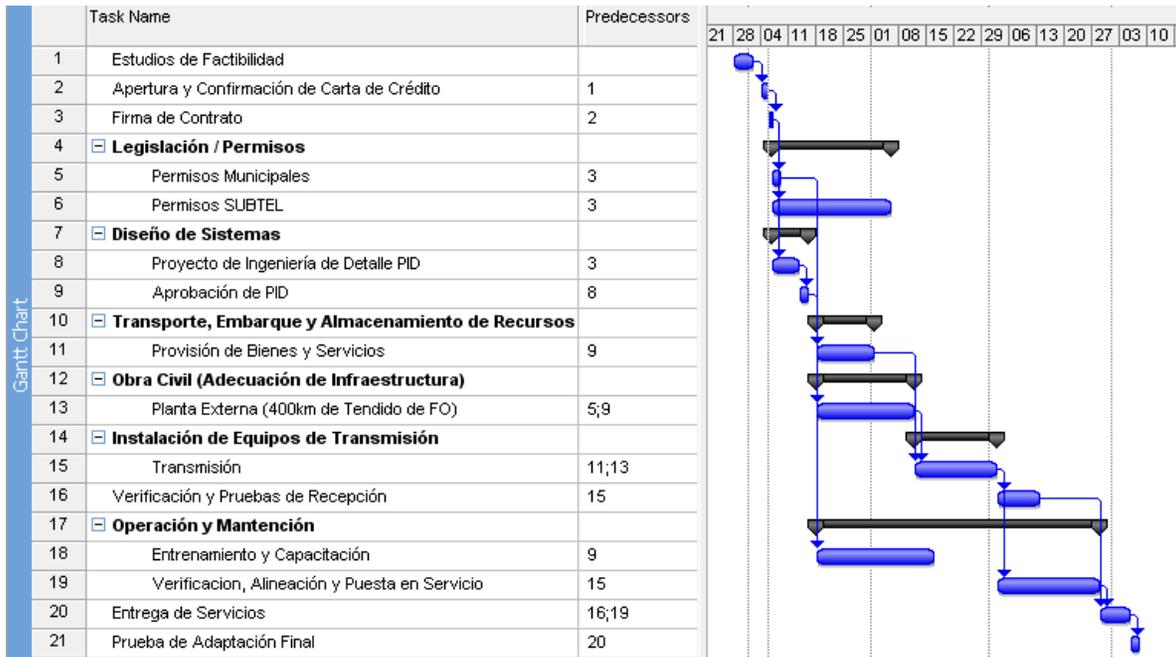


Figura 85: Gantt Tipo de Proyectos de Distribución

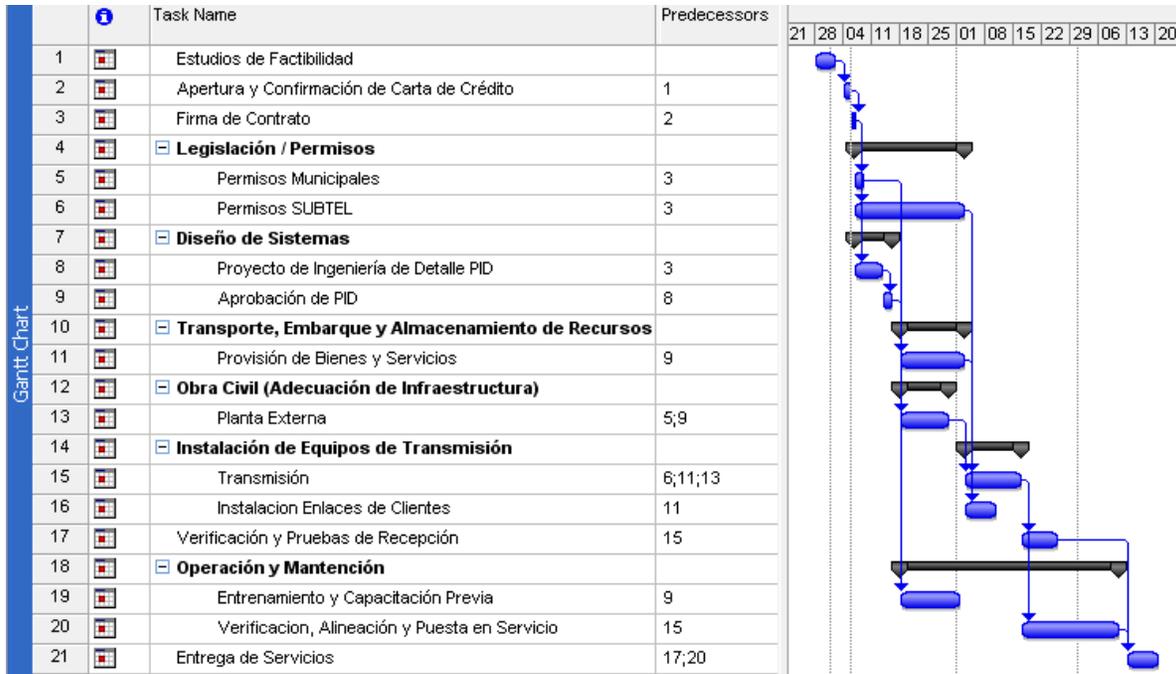


Figura 86: Gantt Tipo de Proyectos de Acceso

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

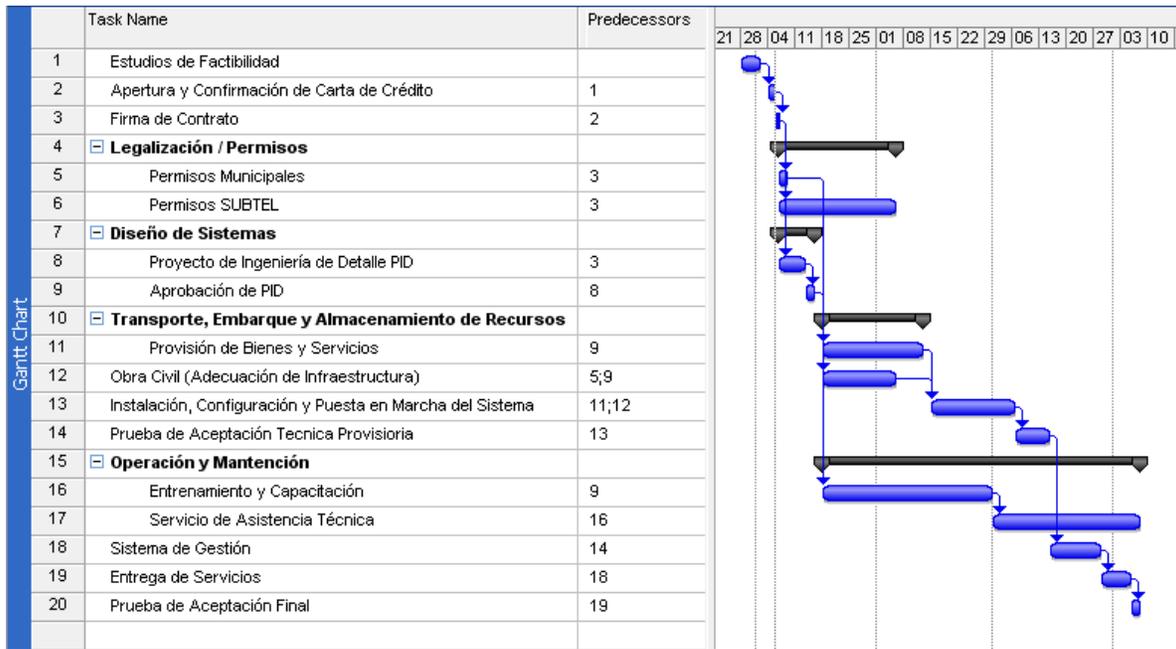


Figura 87: Gantt Tipo de Proyectos de NGN

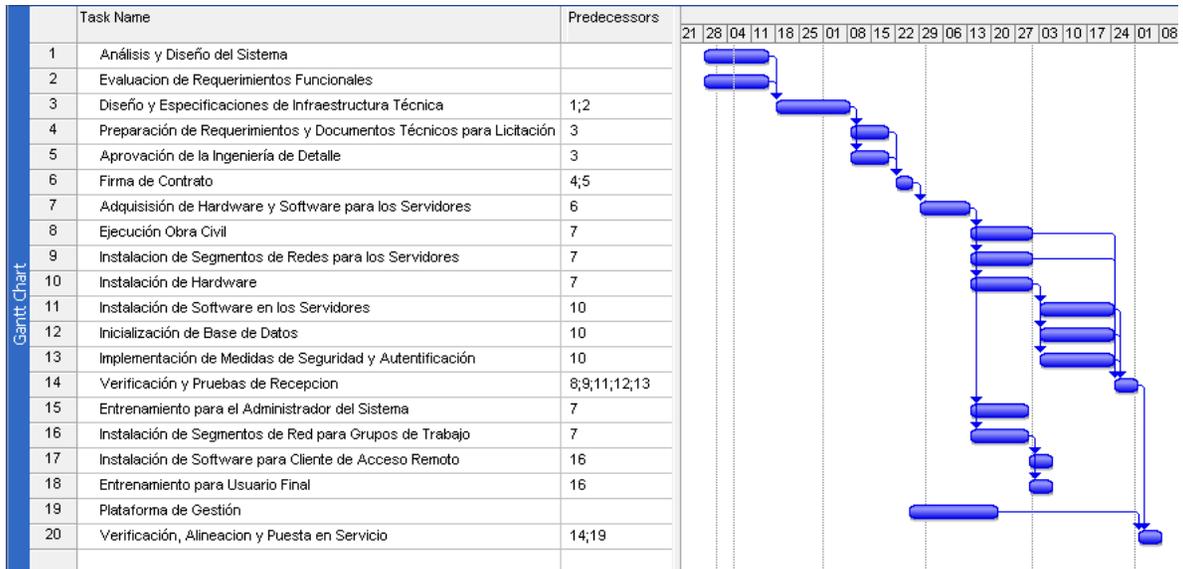


Figura 88: Gantt Tipo de Proyectos de Servicios de Valor Agregado

Anexo C: Programa de Asignación en GAMS

A continuación se muestra el código en lenguaje GAMS [27] del modelo de asignación diseñado correspondiente a un problema de programación lineal:

```
*****
*
*                               MODELO
*
*****

Sets

i      Conjunto de Recursos  /i1*i3/

j      Conjunto de Tareas   /j1*j6/

t      Conjunto de Semanas  /t1*t6/

l      Tipos de Especialidad /s/

rel(i,j,t,l)  Si recurso i puede realizar tarea j l

;

rel(i,j,t,l) = no;

*Listado de Especialidades

* Semana 1

rel("i1","j1","t1","s")=yes;
rel("i1","j2","t1","s")=yes;
rel("i1","j3","t1","s")=yes;
rel("i1","j4","t1","s")=yes;
rel("i1","j5","t1","s")=yes;
rel("i1","j6","t1","s")=yes;

rel("i2","j1","t1","s")=yes;
rel("i2","j2","t1","s")=yes;
rel("i2","j3","t1","s")=yes;
rel("i2","j4","t1","s")=yes;

rel("i3","j4","t1","s")=yes;
rel("i3","j5","t1","s")=yes;
rel("i3","j6","t1","s")=yes;
```

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

* Semana 2

```
rel("i1","j1","t2","s")=yes;  
rel("i1","j2","t2","s")=yes;  
rel("i1","j3","t2","s")=yes;  
rel("i1","j4","t2","s")=yes;  
rel("i1","j5","t2","s")=yes;  
rel("i1","j6","t2","s")=yes;
```

```
rel("i2","j1","t2","s")=yes;  
rel("i2","j2","t2","s")=yes;  
rel("i2","j3","t2","s")=yes;  
rel("i2","j4","t2","s")=yes;
```

```
rel("i3","j4","t2","s")=yes;  
rel("i3","j5","t2","s")=yes;  
rel("i3","j6","t2","s")=yes;
```

* Semana 3

```
rel("i1","j1","t3","s")=yes;  
rel("i1","j2","t3","s")=yes;  
rel("i1","j3","t3","s")=yes;  
rel("i1","j4","t3","s")=yes;  
rel("i1","j5","t3","s")=yes;  
rel("i1","j6","t3","s")=yes;
```

```
rel("i2","j1","t3","s")=yes;  
rel("i2","j2","t3","s")=yes;  
rel("i2","j3","t3","s")=yes;  
rel("i2","j4","t3","s")=yes;
```

```
rel("i3","j4","t3","s")=yes;  
rel("i3","j5","t3","s")=yes;  
rel("i3","j6","t3","s")=yes;
```

* Semana 4

```
rel("i1","j1","t4","s")=yes;  
rel("i1","j2","t4","s")=yes;  
rel("i1","j3","t4","s")=yes;  
rel("i1","j4","t4","s")=yes;  
rel("i1","j5","t4","s")=yes;  
rel("i1","j6","t4","s")=yes;
```

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

rel("i2","j1","t4","s")=yes;
rel("i2","j2","t4","s")=yes;
rel("i2","j3","t4","s")=yes;
rel("i2","j4","t4","s")=yes;

rel("i3","j4","t4","s")=yes;
rel("i3","j5","t4","s")=yes;
rel("i3","j6","t4","s")=yes;

* Semana 5

rel("i1","j1","t5","s")=yes;
rel("i1","j2","t5","s")=yes;
rel("i1","j3","t5","s")=yes;
rel("i1","j4","t5","s")=yes;
rel("i1","j5","t5","s")=yes;
rel("i1","j6","t5","s")=yes;

rel("i2","j1","t5","s")=yes;
rel("i2","j2","t5","s")=yes;
rel("i2","j3","t5","s")=yes;
rel("i2","j4","t5","s")=yes;

rel("i3","j4","t5","s")=yes;
rel("i3","j5","t5","s")=yes;
rel("i3","j6","t5","s")=yes;

* Semana 6

rel("i1","j2","t6","s")=yes;
rel("i1","j3","t6","s")=yes;
rel("i1","j4","t6","s")=yes;
rel("i1","j5","t6","s")=yes;
rel("i1","j6","t6","s")=yes;

rel("i2","j2","t6","s")=yes;
rel("i2","j3","t6","s")=yes;
rel("i2","j4","t6","s")=yes;

rel("i3","j4","t6","s")=yes;
rel("i3","j5","t6","s")=yes;
rel("i3","j6","t6","s")=yes;

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Parameter

$c(i,j)$ Matriz de Costos
 $ch(j,t)$ Matriz de Costos de holgura
 $tf(j)$ Tiempo fijado para realizar la tarea j
 $a(i,j)$ Matriz de esfuerzos
 $h(j)$ Parametros de holgura

;

*scalar

*;

```
$include "Matriz Costos.txt"  
$include "Matriz Costosholgura.txt"  
$include "Matriz Tiemposfinales.txt"  
$include "Matriz Esfuerzos.txt"
```

Variables

z Funcion Objetivo Problema Entero
 $x(i,j,t,l)$ Si Recurso i puede realizar la tarea j en t

;

Binary variable x ;

Equations

FO Funcion Objetivo

* Recurso(i,t) Esta restricción considera el hecho que un
* recurso no puede ejecutar mas de una tarea j
* en un mismo periodo de tiempo t

* Duplicacion(t) Esta restricción considera que una tarea no
* puede ser realizada por mas de un recurso.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Presupuesto

Dependencia1(i,t)

Dependencia2(i,t)

Dependencia3(i,t)

;

FO.. $z = e = \sum((i,j,t,l) \$rel(i,j,t,l), x(i,j,t,l) * c(i,j)) + \sum(j, \sum((i,t,l) \$rel(i,j,t,l), (x(i,j,t,l) * a(i,j) - tf(j)) * ch(j,t)))$;

Recurso(i,t).. $\sum((j,l) \$rel(i,j,t,l), x(i,j,t,l)) = e = 1$;

Duplicacion(t).. $\sum((i,j,l) \$rel(i,j,t,l), x(i,j,t,l)) = l = 1$;

Presupuesto.. $\sum(j, \sum((i,t,l) \$rel(i,j,t,l), (x(i,j,t,l) * a(i,j) - tf(j)) * ch(j,t))) + \sum((i,j,t,l) \$rel(i,j,t,l), x(i,j,t,l) * c(i,j)) = l = 10000$;

Dependencia1(i,t).. $x(i, "j2", t, "s") + x(i, "j3", t+1, "s") = e = 2$;

Dependencia2(i,t).. $x(i, "j5", t, "s") + x(i, "j6", t+1, "s") = e = 2$;

Dependencia3(i,t).. $x(i, "j1", t, "s") + x(i, "j2", t+1, "s") = e = 2$;

Model Asignacion /All/;

*Se resuelve el Problema Entero.

Solve Asignacion using RMIP minimizing z;

*Se despliega el valor de las Variables y la F.O en caso de ser solucion Optima.

Display z.l,x.l;

Anexo D: Áreas de Conocimiento del PMI

A continuación se muestra un pequeño resumen de cada uno de ellos:

▪ **Gestión del Tiempo**

Para efectos de gestionar los tiempos de desarrollo de tareas y actividades en un proyecto, es que se requiere del uso de herramientas como las tan conocidas cartas Gantt, esto permite establecer fechas meta de inicio y terminación para los elementos identificados en la administración de alcance. Estas fechas están basadas en el esfuerzo requerido para completar las tareas, las relaciones entre ellas y la disponibilidad de los recursos para ejecutarlas. Junto con esto, el calendario es utilizado para comunicar a los miembros del equipo y al cliente cuando se realizarán las tareas y cuando estarán disponibles los entregables.³³

Esta área consta en particular de las siguientes etapas:

- Definición de Tareas
- Establecimiento de la Secuencia de Tareas
- Estimación de Recursos de las Tareas

▪ **Gestión de los Costos y Recursos**

Es claro que gran parte de los problemas que tienen los proyectos es que terminan sobrepasando el presupuesto definido inicialmente traduciéndose en una pérdida monetaria para la empresa desarrolladora del proyecto.

Es por esto que es de gran importancia el correcto control de los costos asociados así como de los recursos disponibles para el proyecto dejando siempre espacio a la posibilidad de tener que incorporar más recursos, y teniendo claro cual será el destino del nuevo recurso.

Esta área incluye los procesos involucrados en la planificación, estimación, preparación del presupuesto y control de costos de forma que el proyecto se pueda completar dentro del presupuesto aprobado.

Junto con esto se requiere de un manejo de recursos adecuado a los requerimientos del proyecto y que maximice el uso de recursos de forma que cada tarea sea realizada por un número de estos acorde a su complejidad, de forma de disminuir tiempos y costos.

Se incluyen aquí los procesos que organizan y dirigen el equipo de trabajo, que está compuesto por las personas a quienes se les han asignado roles y responsabilidades para llevar a cabo el proyecto. La participación temprana de los miembros del equipo aporta experiencia durante el proceso de planificación y fortalece el compromiso con el proyecto.

³³ Es aquí donde la herramienta a desarrollar debe manejar muy bien la utilización de este tipo de elementos, como por ejemplo lo hace la herramienta GanttProject.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Esta área consta en particular de las siguientes etapas:

- Estimación de Costos
- Preparación del Presupuesto de Costos
- Planificación de Recursos

▪ **Gestión de la Calidad**

Los procesos relacionados con esta área involucran a todas aquellas actividades de la empresa que lleva a cabo el proyecto que determinan las políticas, los objetivos y las responsabilidades relativos al modo en el cual se satisfacen las necesidades por las que se emprendió el proyecto inicialmente.³⁴

Esta área consta en particular de las siguientes etapas:

- Planificación de Calidad
- Aseguramiento de Calidad
- Control de Calidad

▪ **Gestión de las Comunicaciones**

Esta área incluye los procesos necesarios para asegurar la generación, recolección, distribución, almacenamiento, recuperación y destino final de la información del proyecto en tiempo y forma. Estos procesos proporcionan los enlaces cruciales entre las personas y la información, necesarios para unas comunicaciones exitosas. Los responsables de proyectos pueden invertir una cantidad excesiva de tiempo comunicándose con el equipo del proyecto, los interesados, el cliente y el patrocinador.

Todos los actores involucrados en el proyecto deben comprender cómo afectan las comunicaciones al proyecto como un todo.

En particular los procesos de gestión de las comunicaciones del proyecto incluyen lo siguiente:

- La planificación de las comunicaciones, determinando las necesidades de información y comunicaciones de los interesados en el proyecto.
- La distribución de la información, colocando la información necesaria a disposición de los interesados en el proyecto cuando corresponda.

³⁴ Respecto a la aplicación de esta área de gestión en la herramienta es en principio difusa, ya que estará sujeta al desarrollo de otros procesos y a la generación de indicadores que permitan determinar cuando las normas de calidad para un proyecto son seguidas o no.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

- El informar el rendimiento, recopilando y distribuyendo la información sobre el rendimiento. Esto incluye informes de estado, medición del progreso y proyecciones.
- El gestionar a los interesados, gestionando las comunicaciones a fin de satisfacer los requisitos de los interesados en el proyecto y resolver polémicas con ellos.

▪ **Gestión de los Riesgos**

Toma a todos aquellos procesos encargados de identificar, analizar y responder ante la incertidumbre. Implica maximizar los resultados de eventos favorables o positivos y minimizar las consecuencias de eventos adversos. Aquí se aplican la identificación de los riesgos, cuantificación de los riesgos, desarrollo de respuestas y el control del riesgo. Existen riesgos internos (propios del proyecto) y externos (asociados a la economía nacional e internacional, aspectos gubernamentales, etc.), los cuales debido a la incertidumbre, conllevan una difícil tarea para que se mitiguen.

Los procesos de gestión de los riesgos del proyecto incluyen lo siguiente:

- Planificación de la Gestión de Riesgos
- Identificación de Riesgos
- Análisis Cualitativo de Riesgos
- Análisis Cuantitativo de Riesgos
- Planificación de la Respuesta a los Riesgos
- Seguimiento y Control de Riesgos.

▪ **Gestión de las Adquisiciones**

En esta área se apoya la adquisición de bienes y servicios desde fuera de la organización que realiza el proyecto. Se compone de la planificación de la adquisición, planificación de las solicitudes, selección de la fuente (vendedores), administración del contrato y cierre del contrato.

Se espera definir las especificaciones técnicas de los materiales, recursos técnicos e insumos que se necesitarán para cumplir con los objetivos propuestos. Luego se estimará la demanda y las proyecciones de crecimiento del proyecto, para cuantificar los recursos, materiales e insumos a ser comprados para el despliegue del proyecto.

▪ **Gestión del Alcance**

La consecución de logros dentro de un proyecto está relacionada con una correcta estructuración y subdivisión del trabajo en tareas manejables, de esta forma se selecciona el enfoque más adecuado y se estiman los costos y la fecha de terminación, evaluando el impacto de cambios potenciales del alcance en el calendario, presupuesto, requerimientos y satisfacción del cliente.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

Incluye los procesos necesarios para asegurarse que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y sólo el trabajo requerido, para completar el proyecto satisfactoriamente.

La gestión del alcance de un proyecto se relaciona principalmente con la definición y el control de lo que está y no está incluido en el proyecto.

Esta área consta en particular de las siguientes etapas:

- Planificación del Alcance
- Definición del Alcance
- Creación de Diagrama de Descomposición Funcional (WBS)³⁵
- Verificación del Alcance
- Control del Alcance

▪ **Gestión de la Integración**

Considera principalmente los procesos y actividades necesarios para poder identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los procesos y actividades de dirección de proyectos y que pertenecen al grupo de procesos de la dirección de proyectos.

En particular y en el contexto de la dirección de proyectos esta área incluye características fundamentales para concluir un proyecto y a la vez cumplir los requerimientos de los clientes y de otros interesados de manera satisfactoria, y gestionar las expectativas. Algunas de estas características son: unificación, consolidación, articulación, entre otros.

Ahora bien, desde el contexto de la dirección de un proyecto considera la toma de decisiones sobre donde concentrar recursos y esfuerzos a diario, anticipando probables focos de conflicto de manera que se puedan tratar antes de que lleguen a mayores y coordinando el trabajo para el bien del proyecto.

Es posible comprender mejor la naturaleza integradora de los proyectos y de la dirección de proyectos observando las actividades que se deben llevar a cabo, y entre las que se pueden ver son:

- Análisis y comprensión del alcance.
- Documentar los criterios específicos de los requisitos del producto.
- Comprender cómo tomar la información identificada y transformarla en un plan de gestión del proyecto usando el grupo de procesos de planificación.
- Preparar la estructura de desglose del trabajo.

³⁵ *Work Breakdown Structure*

- Adoptar las acciones apropiadas para que el proyecto se lleve a cabo de acuerdo con el plan de gestión del proyecto, el conjunto planificado de procesos integrados y el alcance planificado.
- Medir y supervisar el estado, los procesos y los productos del proyecto.

Anexo E: Gestión de Proyectos en el Estándar CMMI

➤ Áreas de Proceso para el Manejo Básico de Proyectos

A continuación se detallarán los procesos más relevantes para los efectos de la solución diseñada, como son la planificación de proyectos (PP) y el monitoreo y control de proyectos (PMC):

- **Planificación de Proyectos (PP)**

El propósito de la planificación de proyectos es establecer y mantener los planes que definen las actividades de un proyecto.

Meta Específica 1: Establecer Estimaciones

Se establecen estimaciones de los parámetros de la planificación de un proyecto y son mantenidos.

- **Subproceso 1.1: Estimación de la duración del Proyecto**

Establecer el nivel máximo de descomposición de la estructura de trabajo (WBS) para estimar la duración de un proyecto.

- **Subproceso 1.2: Establecer una estimación del producto de trabajo y de los atributos de las tareas**

Establece y mantiene estimaciones de los atributos del producto de trabajo y de las tareas.

- **Subproceso 1.3: Define el Ciclo de Vida Proyecto**

Define las fases del ciclo de vida de un proyecto sobre las cuales determinar el esfuerzo de planificación.

- **Subproceso 1.4: Determinar Estimaciones de Esfuerzo y Costo**

Estimar el esfuerzo y el costo de un proyecto para los productos de trabajo y tareas basados en estimaciones razonables.

Meta Específica 2: Desarrollo de un Plan para el Proyecto

Se establece y mantiene un plan para un proyecto como base para el manejo del proyecto.

- **Subproceso 2.1: Establecer el Presupuesto y Calendario**

Establecer y mantener el presupuesto y el calendario de un proyecto

- **Subproceso 2.2: Identificar los Riesgos**

Identificar y analizar los riesgos de un proyecto.

- **Subproceso 2.3: Plan para el Manejo de Datos**

Plan para el manejo de los datos de un proyecto

- **Subproceso 2.4: Plan para los Recursos del Proyecto**

Plan para determinar los recursos necesarios para llevar a cabo un proyecto.

- **Subproceso 2.5: Plan para Habilidades y Conocimiento Requeridos**

Plan para determinar el conocimiento y las habilidades necesarias de los recursos para desarrollar un proyecto.

Meta Específica 3: Obtención de Compromisos al Plan

Se establecen y mantienen los compromisos con el plan de un proyecto.

- **Subproceso 3.1: Revisar los Planes Involucrados con el Proyecto**

Revisar todos los planes que afecten al proyecto, para comprender los compromisos del proyecto.

- **Subproceso 3.2: Reconciliar el Trabajo y los Niveles de Recurso**

Reconciliar el plan de un proyecto para reflejar los recursos estimados y disponibles.

- **Monitoreo y Control de Proyectos (PMC)**

El propósito del monitoreo y control de proyectos es entregar la comprensión de los avances de un proyecto de manera que acciones correctivas apropiadas puedan ser tomadas cuando el funcionamiento del proyecto se desvía significativamente del plan.

Meta Específica 1: Monitorear el Proyecto Comparándolo al Plan

El funcionamiento actual y avance de un proyecto es monitoreado comparándolo con el plan original.

- **Subproceso 1.1: Parámetros de Monitoreo de la Planificación del Proyecto**

Monitorear los valores actuales de los parámetros de la planificación de un proyecto comparándolos con los del plan.

- **Subproceso 1.2: Monitoreo de Compromisos**

Monitorear los compromisos comparándolos con aquellos identificados en el plan del proyecto.

- **Subproceso 1.3: Monitoreo los Riesgos del Proyecto**

Monitorear los riesgos comparándolos con aquellos identificados en el plan del proyecto.

- **Subproceso 1.4: Monitoreo del Manejo de los Datos**

Monitorear el manejo de los datos del proyecto comparándolos con aquellos identificados en el plan del proyecto.

- **Subproceso 1.5: Revisión del Avance**

Periódicamente revisar los avances del proyecto, funcionamiento e incidencias.

- **Subproceso 1.6: Revisión de Indicadores**

Revisión de los logros y resultados del proyecto para un indicador determinado.

Meta Específica 2: Manejar Acciones Correctivas al Cierre

Acciones correctivas son manejadas al cierre cuando el funcionamiento o los resultados de un proyecto se desvían significativamente del plan.

- **Subproceso 2.1: Análisis de Problemas**

Recolectar y analizar los problemas y determinar las acciones correctivas para solucionarlos.

- **Subproceso 2.2: Toma de Acciones Correctivas**

Tomar acciones correctivas e identificar problemas.

- **Subproceso 2.3: Manejo de Acciones Correctivas**

Manejar acciones correctivas al cierre de un proyecto.

➤ **Áreas de Proceso para el Manejo Avanzado de Proyectos**

A continuación se detallarán los procesos más relevantes para los efectos de la solución diseñada:

- **Gestión Cuantitativa de Proyectos (QPM)**

El propósito del manejo cuantitativo de proyectos es manejar cuantitativamente los procesos definidos en los proyectos con el fin de lograr la calidad establecida para cada proyecto y los objetivos de funcionamiento de los procesos.

Meta Específica 1: Gestión Cuantitativa del Proyecto

El proyecto es manejado cuantitativamente utilizando los objetivos de calidad y funcionamiento de los procesos.

- **Subproceso 1.1: Establecer los Objetivos del Proyecto**

Establecer y mantener los objetivos de calidad y funcionamiento de los procesos.

- **Subproceso 1.2: Componer el Proceso Definido**

Seleccionar los subprocesos que componen el proceso definido para el proyecto, basado en los datos históricos de estabilidad y capacidad.

- **Subproceso 1.3: Seleccionar los Subprocesos que serán Manejados Estadísticamente**

Seleccionar los subprocesos del proceso definido para el proyecto que serán manejados estadísticamente.

- **Subproceso 1.4: Manejo del Funcionamiento del Proyecto**

Monitorear el proyecto para determinar si los objetivos de calidad y funcionamiento de los procesos del proyecto serán satisfactorios, e identificar las acciones correctivas adecuadas.

Meta Específica 2: Gestión Estadística del Funcionamiento de los Subprocesos

El funcionamiento de los subprocesos seleccionados dentro del proceso definido para el proyecto es manejado estadísticamente.

- **Subproceso 2.1: Seleccionar Medidas y Técnicas Analíticas**

Seleccionar las medidas y técnicas analíticas que serán utilizadas en el manejo estadístico de los subprocesos seleccionados.

- **Subproceso 2.2: Aplicar Métodos Estadísticos para Entender Variaciones**

Establecer y mantener la comprensión de las variaciones de los subprocesos seleccionados utilizando las medidas seleccionadas y técnicas analíticas.

- **Subproceso 2.3: Monitorear el Funcionamiento de los Subprocesos Seleccionados**

Monitorear el funcionamiento de los subprocesos seleccionados para determinar su capacidad de satisfacer los objetivos de calidad y funcionamiento de los procesos, e identificar las acciones correctivas necesarias.

- **Subproceso 2.4: Almacenamiento de Datos Estadísticos**

Almacenamiento de datos para el manejo estadístico y de calidad en el repositorio de mediciones de la organización.

- **Gestión Integral de Proyectos (IPM)**

El propósito de la gestión integral de proyectos es establecer y manejar el proyecto y el poder involucrar a los grupos con intereses en la organización relevantes, de acuerdo a un proceso definido e integral que es supervisado desde un conjunto de procesos estándar de la organización.

Meta Específica 1: Utilizar los Procesos Definidos para el Proyecto

El proyecto es conducido utilizando un proceso definido que es supervisado desde un conjunto de procesos estándar de la organización.

- **Subproceso 1.1: Establecer los Procesos Definidos del Proyecto**

Establecer y mantener los procesos definidos del proyecto desde el inicio del proyecto y a través de todo el ciclo de vida del proyecto.

- **Subproceso 1.2: Utilizar los Procesos Activos Organizacionales para Planificar las Actividades del Proyecto**

Utilizar los procesos activos organizacionales y un repositorio de medidas para estimar y planificar las actividades del proyecto.

- **Subproceso 1.3: Establecer el Ambiente de Trabajo del Proyecto**

Establecer y mantener el ambiente de trabajo del proyecto basado en los estándares definidos por la organización.

- **Subproceso 1.4: Internalizar los Planes**

Incorporar los planes del proyecto y los otros planes que afecten al proyecto de manera de poder describir los procesos definidos para el proyecto.

- **Subproceso 1.5: Gestionar el Proyecto Utilizando los Planes Internalizados**

Gestionar el proyecto utilizando el plan del proyecto, los otros planes que afectan al proyecto y los procesos definidos para el proyecto.

- **Subproceso 1.6: Contribuir a los Procesos Activos de la Organización**

Contribuir con herramientas de productos, mediciones y experiencias documentadas a los procesos activos de la organización.

Aparece luego el concepto de IPPD³⁶, que sumado al anterior, Gestión Integral de Proyectos + IPPD incluye el establecimiento de una visión común para el proyecto y del establecimiento de equipos integrales que llevarán a cabo los objetivos del proyecto.

Meta Específica 2: Aplicar los Principios IPPD

El proyecto es gestionado utilizando los principios de IPPD.

- **Subproceso 2.1: Establecer la Visión Compartida del Proyecto**

Establecer y mantener una visión compartida para el proyecto.

- **Subproceso 2.2: Establecer la Estructura del Equipo Integrado**

Establecer y mantener la estructura del equipo integrado del proyecto.

- **Subproceso 2.3: Asignar Requerimientos a los Equipos Integrados**

Asignar requerimientos, responsabilidades, tareas e interfaces a los equipos en la estructura de equipos integrados.

- **Subproceso 2.4: Establecer Equipos Integrados**

Establecer y mantener equipos integrados en la estructura.

- **Subproceso 2.5: Asegurar la Colaboración entre los Equipos**

Asegurar la colaboración entre los equipos que deben relacionarse entre sí.

³⁶ Desarrollo de Productos y Procesos Integrados

Anexo F: Estándar BPMN

La notación de modelamiento de procesos de negocio (BPMN) es un estándar de importancia cada vez mayor para el modelado de procesos y que ha tenido altos niveles de atención y de respuesta en la práctica de BPM.

BPMN fue desarrollado por un consorcio que comprende a representantes de la mayoría de los actores en el mercado mundial del BPM.

A continuación se describe un estudio en el que casi 600 modeladores con BPMN respondieron y entregaron ideas en el quién, donde, cómo y porqué del modelamiento de procesos en BPMN como también los problemas que experimentaron los usuarios cuando modelaron con BPMN. [38]

BPMN es de hecho un lenguaje rico que permite definir una gran cantidad de escenarios de negocio, midiendo desde coreografías de procesos internos a orquestaciones de procesos inter-organizacionales, interacción de servicios y excepciones en los flujos de trabajo (workflows).

Sin embargo todavía existe un desconocimiento respecto cómo BPMN es utilizado por los usuarios: arquitectos de procesos, gerentes de sistemas, analistas de negocio y consultores.

➤ Algunos problemas de los usuarios con BPMN que dan espacio para futuras mejoras

Los usuarios que utilizan BPMN lo consideran muy útil porque se desempeña muy bien en los proyectos de modelamiento de procesos, así como la simplicidad en realizar diagramas de los modelos, donde por un lado lo convierte en un lenguaje bastante completo pero por la misma razón no es uno de los lenguajes más fáciles con los que se puede trabajar.

A continuación se mencionan algunas de las falencias principales de este tipo de modelamiento, información que fue recogida en el estudio realizado a los usuarios de BPMN:

▪ Apoyo a la Especificación de Reglas de Negocios

El estudio destacó un déficit de BPMN en el apoyo de la articulación de las reglas de negocio, como se ve en la figura. Modelamiento de procesos y lenguajes para el modelamiento de reglas son utilizados en las organizaciones para documentar políticas y procedimientos. Sin embargo, se ha hecho poco esfuerzo para comprender sus sinergias y superposiciones. La especificación de reglas es de hecho una tarea esencial para comprender los procesos de negocios, y sería muy bueno ver que las soluciones de modelamiento de procesos reconozcan esto un poco más y entreguen un mejor soporte para estas tareas.

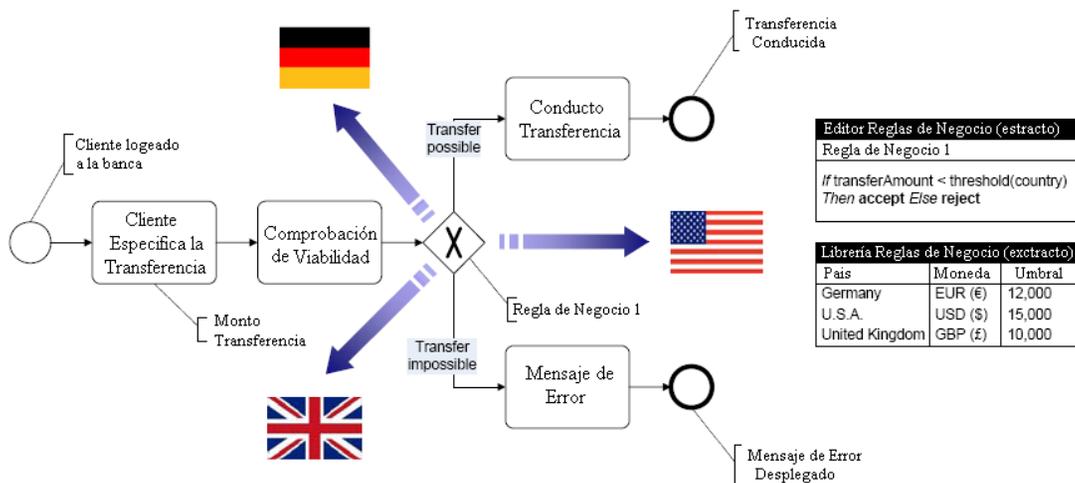


Figura 89. Modelamiento de Procesos y reglas de Negocio

▪ Apoyo a la Descomposición de Procesos

Una situación similar fue encontrada en cuanto a la articulación de una estructura de procesos y descomposición. Modeladores de procesos comúnmente requieren definir de manera precisa el alcance y los límites de los procesos que modelan, pero fallan en hacerlo adecuadamente con aproximaciones de modelamiento de procesos existentes. BPMN carece de conceptos avanzados para apoyar esta tarea, al menos desde la perspectiva del usuario.

▪ Apoyo al Modelamiento Organizacional

Los diagramas de pistas representan comúnmente una carga para los usuarios de BPMN. Claramente, han sido previstos por los diseñadores de BPMN para ser flexibles en la interpretación y el uso. Sin embargo, la ambigüedad que viene con su semántica flexible es contradictoria a la facilidad con la cual los diagramas de pistas pueden ser usados para el modelado de BPMN.

De acuerdo al estudio el esfuerzo extra requerido para especificar el significado de los diagramas de pistas disminuye la facilidad con la cual construimos el modelo de BPMN.

▪ Entradas, Conectores Apagado de página y Grupos

Es aquí donde surge la pregunta: ¿Son efectivamente todos los símbolos de BPMN utilizados?

BPMN tiene un número de símbolos que son considerados simplemente superfluos e innecesarios, como se puede ver en la figura siguiente:

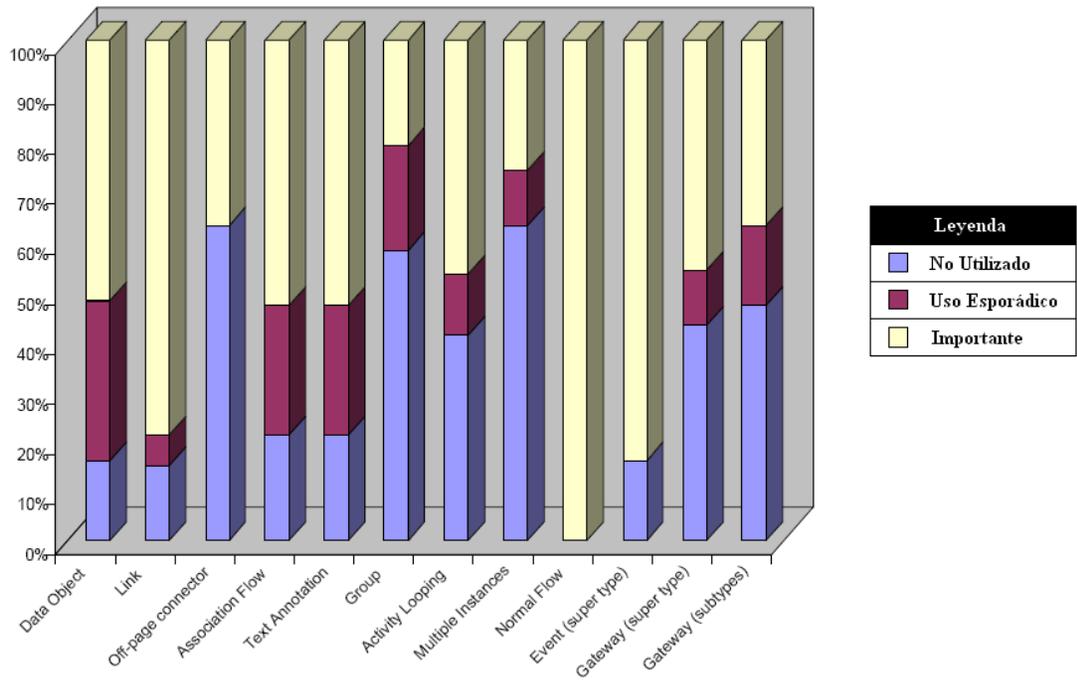


Figura 90: Uso de símbolos de BPMN seleccionados

Los símbolos de apagado de página, grupo y de instancias múltiples fueron clasificados por más del 50% como “no utilizados”, “no comprendidos” o “no enterado”. En contraste, algunos de los otros símbolos fueron catalogados como esenciales para el modelamiento de procesos, como por ejemplo los flujos tradicionales, links o anotaciones de texto.

▪ Eventos

La última área de este estudio está relacionada con la gran abundancia de los diferentes símbolos de evento en BPMN. La diferencia entre los eventos de negocio en diferentes tiempos y tipos de dimensiones crea una larga lista de diferentes símbolos que puedan encontrar su camino en un modelo de procesos.

Anexo G: Plataforma J2EE

J2EE son las siglas de *Java 2 Enterprise Edition* que es la edición empresarial del paquete Java creada y distribuido por *Sun Microsystems*. Comprenden un conjunto de especificaciones y funcionalidades orientadas al desarrollo de aplicaciones Empresariales.

Debido a que J2EE no deja de ser un estándar, existen otros productos desarrollados a partir de ella aunque no exclusivamente.

La idea es definir una plataforma robusta y flexible orientada a cubrir las necesidades empresariales en *e-business* y *business-to-business*, dado que las empresas necesitan constantemente expandirse, reducir costos, y bajar los tiempos de respuesta para proporcionar un fácil y mejor acceso a sus clientes, empleados y proveedores.

Para lograr esto las empresas necesitan sistemas de información que cumplan con las siguientes características:

- Alta disponibilidad: para percibir las necesidades de hoy, en un ambiente global de negocios.
- Seguridad: para proteger la privacidad de los usuarios y la integridad de la información de la empresa.
- Confiable y escalable: para asegurar que las transacciones del negocio sean procesadas prontamente y con precisión.

La plataforma Java2 Edición Empresarial (J2EE) reduce el costo y complejidad de desarrollo de estos servicios en ambientes multi-capa (*multi-tier*) y Web, y da por resultado servicios que pueden ser creados rápidamente y fácilmente mejorados respondiendo a las presiones competitivas de la empresa. Además, al utilizar Java, se puede ejecutar en cualquier plataforma sin tener que reescribir el código.

Básicamente J2EE consiste en lo siguiente:

- Guías de diseño para desarrollo de aplicaciones empresariales utilizando J2EE.
- Una implementación de referencia para dar una vista operacional de J2EE.
- Un conjunto de pruebas de compatibilidad para el uso de 3ras partes para asegurar que sus productos cumplen con los estándares J2EE.
- Varias APIs (*Application Programming Interfaces*) para permitir acceso genérico a los recursos y la infraestructura.
- Tecnologías para simplificar el desarrollo empresarial con Java.

➤ Desarrollo J2EE con Frameworks

Primero hay que explicar que un Framework es un conjunto de servicios y componentes reutilizables organizados en una estructura extensible, que busca simplificar el desarrollo de aplicaciones.

En general permiten reducir el tiempo de desarrollo de los proyectos, reducir el tiempo de entrenamiento de los desarrolladores, reducir la curva de aprendizaje y evitar algunos problemas técnicos que ya han sido resueltos anteriormente.

Considerando todas las ventajas de J2EE todavía hay algunas áreas, como las interfaces de usuario, que están muy desarrolladas y es en este tipo de áreas donde los Frameworks son muy útiles para los desarrolladores.

Los Frameworks generalmente se especializan en alguna capa o en alguna función específica, hay Frameworks para la capa Web que administra la Interfaz de Usuario, otros que se especializan en la capa de negocio para trabajar con los EJB y otros que se especializan en la persistencia de entidades, haciendo transparente el acceso a las bases de datos.

Para la Interfaz de usuario algunos de los Frameworks más utilizados son Struts y JFS. Para la capa de lógica de negocio, se ha popularizado del uso de Spring y para la abstracción de las bases de datos se utiliza Hibernate.

El uso combinado de estos Frameworks facilita y agiliza enormemente la construcción de aplicaciones complejas.

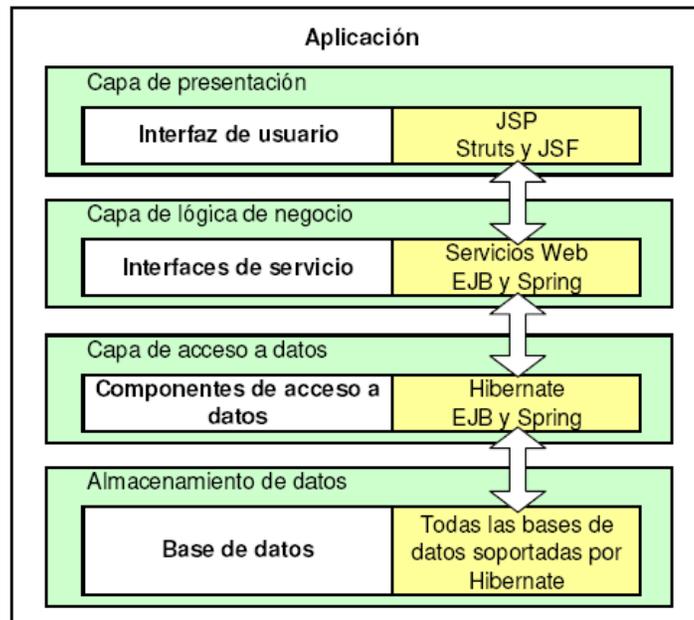


Figura 91: Relación entre Capas y Frameworks J2EE

➤ Solución Integrada: UML – J2EE +DB

J2EE es muy eficiente en Sistemas Empresariales, dada su escalabilidad y flexibilidad, pero la agilidad se pierde al crecer el desarrollo, dado la complejidad de esta plataforma.

UML por su parte, provee la arquitectura necesaria para construir sistemas complejos y su forma de modelado permite la generación de gran parte del código de las aplicaciones.

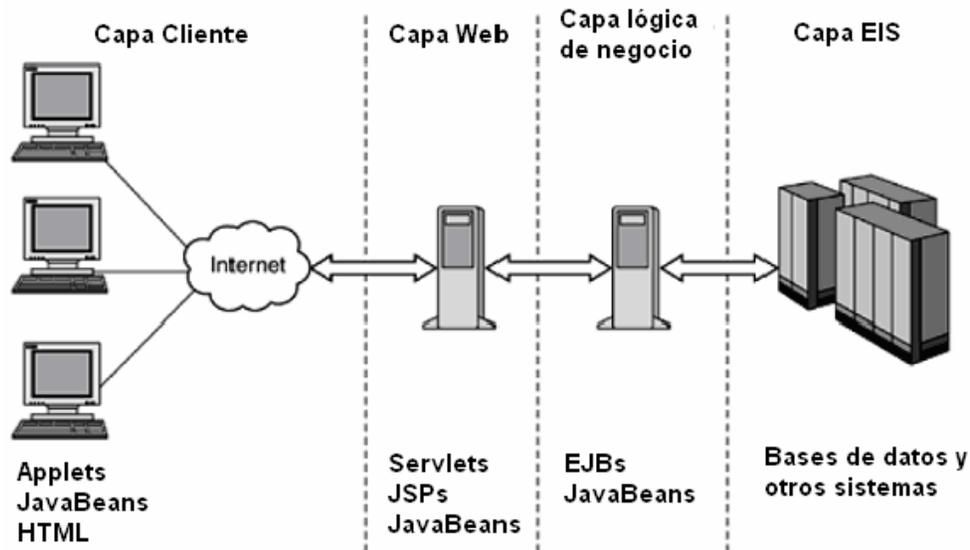


Figura 92. Arquitectura Multi-capa con J2EE

▪ ¿Por qué usar UML y J2EE?

UML provee las herramientas necesarias para diseñar la arquitectura y construir sistemas complejos requeridos por las empresas de hoy. Este soporta requerimientos de ingeniería a nivel de diseño de arquitectura y diseño detallado. Adicionalmente las herramientas de modelado UML están desarrolladas de la forma que el modelo puede ser utilizado para lograr generar gran parte del código J2EE.

El soporte de UML para los requerimientos se manifiesta en el apoyo de los casos de uso, los cuales son utilizados para entender y comunicar los requerimientos funcionales.

Utilizando UML para el modelado de los requerimientos, en conjunto con un proceso de desarrollo basado en casos de uso facilita el seguimiento de los requerimientos al diseño, en este caso para poder identificar los elementos del diseño que y como tienen que ver con algún requerimiento específico. En un proceso de desarrollo por casos de uso, los elementos del diseño son creados para satisfacer a algún determinado caso de uso. Además permite identificar el impacto de los cambios de requerimientos en el diseño.

Los diagramas UML pueden ser utilizados para comprender complejas interacciones en el sistema. Esto ayuda considerablemente en el análisis del problema además de proveer detallada documentación de cómo se diseñó el comportamiento y la estructura del sistema.

Adicionalmente UML permite a los desarrolladores trabajar en un real entorno visual, incorporando patrones de diseño en sus modelos, que, además facilitan que las herramientas modernas basadas en UML sean capaces de Generar una gran cantidad funcional de código J2EE.

Anexo H: Metodología IDEF0

➤ ¿Qué es IDEF0?

La traducción literal de las siglas IDEF es *Integration Definition for Function Modeling* (Definición de la Integración para la Modelación de Funciones). IDEF consiste en una serie de normas que definen la metodología para la representación de funciones modeladas.

Estos modelos consisten en una serie de diagramas jerárquicos junto con unos textos y referencias cruzadas entre ambos que se representan mediante unos rectángulos o cajas y una serie de flechas.

Uno de los aspectos de IDEF0 más importantes es que como concepto de modelación va introduciendo gradualmente más y más niveles de detalle a través de la estructura del modelo. De esta manera, la comunicación se produce dando a lector un tema bien definido con una cantidad de información detallada disponible para profundizar en el modelo.

Así vemos que las principales ventajas que presenta este sistema son estas:

- Es una forma unificada de representar funciones o sistemas
- Es un lenguaje simple pero riguroso y preciso
- Permite establecer unos límites de representación de detalle establecido universalmente.
- Puede ser representada con diversos paquetes informáticos como es el *iGrafx Process*.

➤ **Definiciones**

1. Diagrama A-0

Diagrama de contexto de IDEF0 de una sola caja, que contiene la función de alto nivel (*top level*) que va a ser modelada, junto con sus entradas (*inputs*), salidas (*outputs*), controles y mecanismos o mantenimiento.

2. Flecha

Línea directa compuesta por uno o varios segmentos que modelan un canal abierto o conducto datos u objetos desde una fuente a un uso. Existen cuatro tipos de flechas: flechas de entrada, flechas de salida flechas de control y flechas de mantenimiento.

3. Etiqueta de flecha

Nombre que especifica el significado de una flecha.

4. Segmento de flecha:

Segmento de línea que empieza o termina en una caja, una rama o una línea sin final conectado.

5. Flecha de límite

Flecha con un extremo no conectado a ninguna caja o diagrama.

6. Caja

Rectángulo que contiene un nombre y un número usado para representar una función.

7. Nombre de caja

Verbo o frase verbal ubicada en el interior de una caja IDEF0 para describir la función modelada.

8. Número de caja

El número que va desde 0 a 6 que se sitúa dentro de la esquina inferior derecha de una caja IDEF0 para identificar dicha caja en un diagrama.

9. Rama

Flecha ramificada en dos o más partes que describe el mismo objeto o dato.

10. Flecha de llamada

Tipo de flecha de mecanismo que permite compartir detalles entre modelos o dentro de un modelo uniéndolos.

11. Diagrama contexto

Diagrama que presenta el contexto de un modelo cuyo número de nodo es A-n (n mayor o igual a cero). El diagrama de una caja A-0 es un diagrama de contexto requerido; los diagramas con número de nodos A-1, A-2,... son diagramas de contexto opcionales.

12. Flecha de control

Tipo de flecha que expresa control de IDEF0, es decir, aquellas condiciones requeridas para producir una salida correcta. Los datos u objetos modelados como controles pueden ser transformados por la función creando así una salida. Las flechas de control se suelen asociar con la parte superior de una caja IDEF0. Ejemplos desde el punto de vista del gestor del sistema: políticas, manuales de calidad, presupuestos y procedimientos.

13. Descomposición

División de una función de modelación en las funciones que la componen.

14. Expresión de referencia de detalle (DRE o ERD)

Expresión escrita bajo la esquina inferior derecha de una caja IDEF0 para mostrar que está detallada y para indicar qué diagrama la detalla.

15. Diagrama

Unidad de un modelo IDEF0 que presenta los detalles de una caja.

16. Número de nodo de diagrama

La parte del nodo de referencia del diagrama que corresponde con el número de nodo de su caja padre (*parental*).

17. Bifurcación

Cruce en el que un segmento IDEF0 se divide en dos o más segmentos.

18. Función

Actividad, proceso o transformación (modelada por una caja IDEF0) identificada por un verbo o frase verbal que describe que debe ser cumplido.

19. Nombre de Función

Igual que el Nombre de caja.

20. Glosario

Lista de definiciones para palabras clave, frases y acrónimos usados conjuntamente con un modelo o nodo IDEF0 como un todo.

21. Código ICOM

Acrónimo para *Input, Control, Output, Mechanism*. Código que asocia las flechas sin final de un diagrama hijo (filial) con las flechas de su diagrama padre (parental); también usado para propósitos de referencia.

22. Modelo IDEF0

Descripción gráfica de un sistema o contenido que se desarrolla con un propósito concreto y con un punto de vista determinado. El conjunto de uno o más diagramas IDEF0 describe las funciones del área de un sistema o sujeto con gráficos, textos y glosario.

23. Flecha de input

Tipo de flecha que expresa un input o entrada, que es el dato u objeto que es transformado por la función en un output o salida. Las flechas de entrada se ubican en la parte izquierda de la caja. Desde el punto de vista del gestor las entradas pueden ser necesidades, requisitos, estados, etc. y desde puntos de vista más concretos pueden ser documentos tales como facturas, albaranes, etc.

24. Interfase

La conexión entre dos o más componentes de modelos con el propósito de pasar datos u objetos de uno a otro.

25. Flecha de mecanismo o mantenimiento

Tipo de flechas de IDEF0 que representan mecanismos, es decir, aquello que se necesita para desarrollar una función. Las flechas de mecanismo se sitúan en la parte baja de la caja IDEF0 desde el punto de vista del gestor los mecanismos muestran las interrelaciones con otros procesos, los recursos externos necesarios para el proceso, etc. Estos comprenderán personal no adscrito al proceso que se está representando, sistemas de información, asesores externos

26. Nodo

Caja desde que la que se originan cajas hijos; caja padre.

27. Flecha de output

Tipo de flecha que expresa una salida IDEF0, es decir, el dato u objeto producido por una función. Las flechas de salida están asociadas a la parte derecha de una caja IDEF0, desde el punto de vista del gestor pueden ser satisfacciones, etc.

28. Caja Padre (parental)

Caja que es detallada por una diagrama hijo.

29. Diagrama padre (parental)

Diagrama que contiene una caja padre.

30. Título

Verbo o frase verbal que describe la función general representada en un diagrama IDEF0; el título de un diagrama hijo corresponde al nombre de su caja padre.

➤ Los Diagramas y sus Componentes

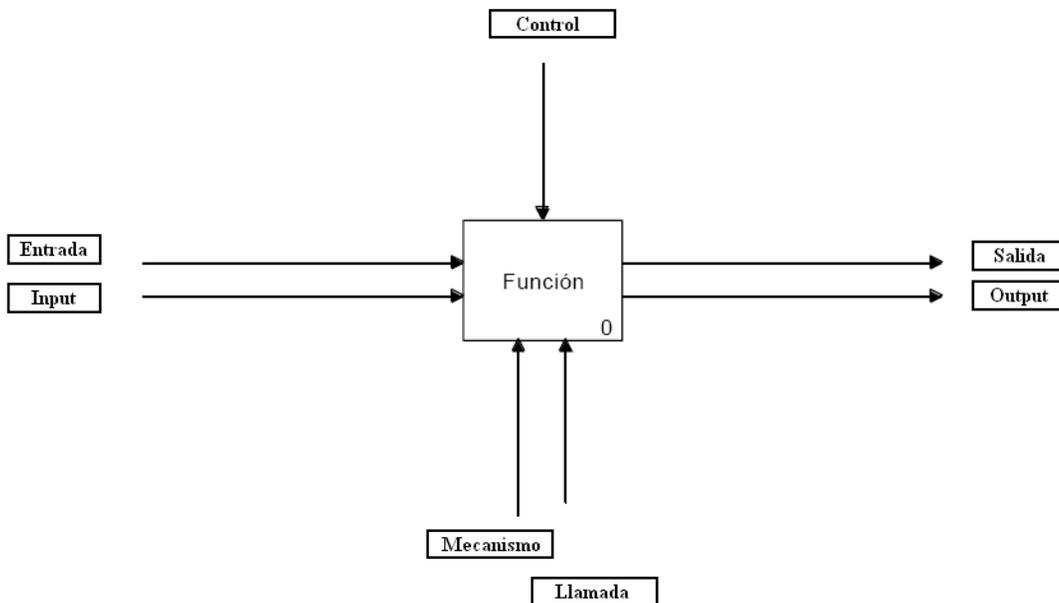


Figura 93: Diagrama A-0

▪ Activación de una Caja

Una caja puede activar varias partes de su función bajo distintas circunstancias, usando distintas combinaciones de sus entradas y controles, y produciendo distintas salidas. Estas distintas actuaciones se llaman activaciones de la caja.

▪ Operaciones en Cadena

Algunas funciones en un modelo pueden ser desarrolladas en cadena si las condiciones necesarias se han satisfecho. La salida de una caja puede proveer algunos o todos de los datos y objetos necesarios para la activación de una o varias cajas.

Cuando la salida de una caja proporciona algunas o todas las entradas, controles o mecanismos necesarios para otra caja, la activación de la caja última dependerá del desarrollo secuencial. Sin embargo, distintas activaciones de la misma caja con distintos requisitos pueden operar en cadena.

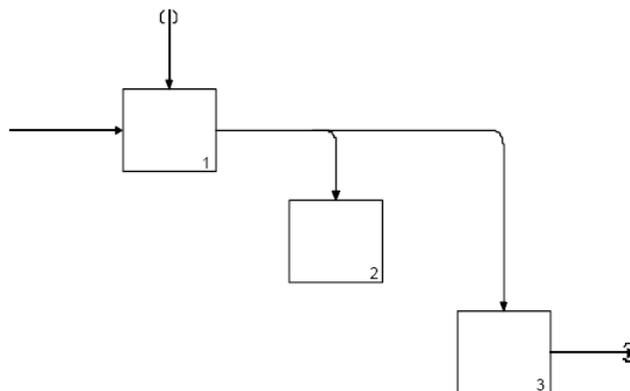


Figura 94: Operación en Cadena

▪ Feedback o Retroalimentación

En los modelos de IDEF0 se puede representar el *feedback* o retroalimentación de controles, entradas o mecanismos. Esto se produce cuando alguno de estos elementos vuelven a entrar en el proceso realimentándolo. Las formas de expresarlo son las siguientes:

- Los controles de *feedback* se muestran con una flecha que sale hacia arriba y entra por la parte superior.
- Los *feedback* de entradas o input se muestran con una flecha que sale hacia abajo y entra por la derecha.
- Los mecanismos de *feedback* deben mostrarse con una flecha que sale hacia abajo y entra en la caja por abajo.

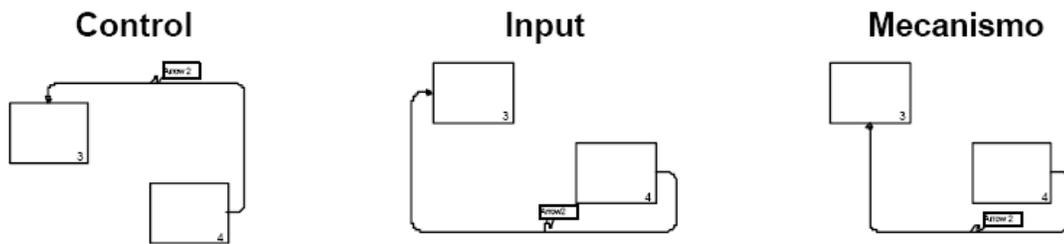


Figura 95: Feedback

Anexo I: Tratamiento de Información XML

➤ ¿Qué es el XML?

XML es básicamente un meta-lenguaje de marcas. Un lenguaje de marcas es esencialmente un conjunto de marcas (*tags*) que tienen cada una de ellas una semántica particular. El ejemplo más conocido de lenguaje de marcas es HTML, sus marcas indican formas de presentación de los datos en el navegador (
 indica un cambio de línea, letras en negrita, etc...). Otros lenguajes de marcas son XSLT, SVG, etc.

XML no utiliza *tags* predefinidas en sus documentos, por ello es un meta-lenguaje. En XML es el propio usuario el que define su propio vocabulario de *tags* o utiliza vocabularios de *tags* estandarizados. Los términos elemento y *tag* son utilizadas indistintamente con el mismo significado, pero si estamos hablando de programas que utilizan XML el *tag* y el elemento representan matices distintos.

Mientras que por elemento se entiende al concepto que modelamos, el *tag* es la representación física dentro del XML de ese elemento. <*paciente*> es un *tag*, que representa al elemento *paciente* dentro del programa.

Aunque XML se parezca a HTML, XML es un lenguaje con muchas más restricciones sintácticas. Por ejemplo, los *tags* XML tienen que estar debidamente terminadas y otros muchos de detalles que los diferencian. Un documento XML debe de estar “bien formado”, es decir, cumplir las reglas sintácticas, para ser un documento válido.

La estructura del documento XML puede ser o bien totalmente libre, sin ninguna regla de validación, o bien poseer una estructura completamente definida. Las estructuras XML se definen mediante mecanismos como las DTD, mecanismo obsoleto de definición de los elementos que contienen un XML, o los XML *Schemas* que es el mecanismo más completo y más utilizado en el trabajo real, pero con dificultades para su estandarización dada su complejidad.

➤ Glosario de Términos Fundamentales

▪ SGML (Standard Generalized Markup Language)

Es un meta-lenguaje definido con el propósito de manejar documentación de gran volumen y complejidad. Como metalenguaje, no define *tags* específicas sino reglas sintácticas. Ejemplos de implementación de SGML es el lenguaje HTML que presenta un conjunto específico y cerrado de *tags* con una semántica concreta.

▪ XML (Extensible Markup Language)

Es un subconjunto de SGML, de mucho menor volumen y complejidad. Su simplicidad hace que se pueda trabajar con él óptimamente en entornos Web. Las operaciones de parsing³⁷ y validación de XML son mucho más sencillas de realizar que en SGML. Como meta-lenguaje no define *tags* que deben ser definidas por el propio usuario. Existen lenguajes derivados de XML como XSLT.

▪ DTD (Document Type Definition)

El DTD es una definición en un documento SGML ó XML que especifica restricciones en la estructura del mismo. El DTD puede ser incluido dentro del archivo del documento, pero normalmente se almacena en un fichero ASCII de texto separado. La sintaxis de los DTDs para SGML y XML es similar pero no idéntica.

▪ XSD: (XML Schemas)

Es el sucesor lógico de las DTD en cuanto a validación de documentos XML. Es una especificación estándar todavía en evolución con grandes posibilidades para validar documentos complejos (inviabiles para una DTD). Serán los utilizados durante estas prácticas.

▪ XSL (Extensible Style Language)

El lenguaje de páginas de estilo que ha sido desarrollado por el consorcio W3C, para dar formato a los documentos XML. Una página de estilo XSL permite modificar un documento XML, produciendo varios un resultado que puede estar en varios formatos diferentes incluyendo el propio XML y HTML.

³⁷ *Parsing* o parseo se define como el proceso de analizar una secuencia de símbolos a fin de determinar su estructura gramatical con respecto a una gramática formal dada. Formalmente es llamado análisis de sintaxis. El parseo transforma una entrada de texto en una estructura de datos (usualmente un árbol) que es apropiada para ser procesada.

▪ XSLT (Extensible Stylesheet Language Transformations)

Su principal utilización en la actualidad es la presentación de datos procedentes de XML en páginas HTML/*JavaScript*. Por ejemplo, un HTML que presente la ficha de un cliente, o un *JavaScript* que presente un árbol de nodos con todas las carpetas de un buzón de correo electrónico.

➤ Documentos XML

Dentro de la definición del lenguaje es un aspecto muy importante la distinción entre debemos de distinguir dos tipos (no disjuntos) de documentos XML:

- **Bien formados:** son todos los que cumplen las especificaciones del lenguaje respecto a las reglas sintácticas, sin estar sujetos a unos elementos fijados en un DTD/XSD. Los documentos XML deben tener una estructura jerárquica muy estricta que deben cumplir los documentos bien formados.
- **Válidos:** Además de estar bien formados, siguen una estructura y una semántica determinada por un DTD o un esquema XSD: sus elementos y sobre todo la estructura jerárquica que define el DTD o esquema, además de los atributos, deben ajustarse a lo que el DTD o esquema dicte.

Cuando se procesa cualquier información formateada mediante XML lo primero es comprobar si está bien formada y posteriormente comprobar reglas gramaticales si existe definido un DTD o un esquema para el XML en cuestión.

➤ Reglas Sintácticas

- **Línea cabecera:** Es la primera línea de todo documento XML. (<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>). Es opcional pero es muy recomendable que esté incluida en todo documento XML que se precie. Posee varios atributos (campos dentro de la declaración) como versión (del lenguaje 1.0), encoding (codificación del texto del documento, generalmente UTF-8 o ISO-8859.1) y standalone (indica si el documento es *autosuficiente* con el valor yes o necesita otros mecanismos de validación como DTD o esquemas con el valor no).
- Los documentos XML son sensibles a mayúsculas, esto es, en ellos se diferencia las mayúsculas de las minúsculas. Por ello <FICHA> sería una etiqueta diferente a <ficha>.
- Todos los espacios y retornos de carro se tienen en cuenta (dentro de las etiquetas, en los elementos).

- Hay algunos caracteres especiales reservados, que forman parte de la sintaxis de XML: <, >, &, " y '. En su lugar cuando queramos representarlos deberemos usar las entidades <, >, &, " y ' respectivamente.
- Los valores de los atributos de todas las etiquetas deben ir siempre entrecomillados. Son válidas las dobles comillas (") y la comilla simple (').
- Toda etiqueta no vacía debe tener una etiqueta de cerrado: <etiqueta> debe estar seguida de </etiqueta>.
- Todos los elementos deben estar perfectamente anidados.
- Los elementos vacíos son aquellos que no tienen contenido dentro del documento (<etiqueta/>).

➤ Canonización de Documentos

La forma canónica de un documento XML es una manera de mostrar una representación física que asegura que si dos documentos XML son aparentemente diferentes, pero sus canónicos son iguales, los dos documentos son equivalentes.

Cualquier documento puede ser convertido en un equivalente (con algunas limitaciones) a un documento sin DTD a través de un proceso XML llamado canonización. El documento generado se llama un documento XML canónico.

Dentro de la recomendación W3C existe la definición formal y estandarizada de documento XML canónico:

"Cualquier documento XML es parte de un conjunto de documentos XML que son equivalentes lógicos dentro de un contexto de aplicación, pero que podrían variar en la representación física basada en los cambios de sintaxis permitidos por XML 1.0 y *namespaces* en XML. Esta especificación describe un método para generar una representación física, la forma canónica, de un documento XML que cuenta con los cambios permisibles. Excepto para las limitaciones de unos pocos casos inusuales, si dos documentos tienen la misma forma canónica, los dos documentos son lógicamente equivalentes dentro de un contexto de aplicación dado. Observa que los dos documentos podrían tener formas canónicas diferentes y todavía ser equivalentes en un contexto dado basado en las reglas de equivalencia específicas de la aplicación para las que la especificación XML generalizada podría no tenerse en cuenta".

El proceso de canonización resulta en algunos cambios en el documento original, entre otros:

1. Eliminación de la cabecera XML.
2. Eliminación de cualquier definición de DTD.
3. Eliminación de comentarios.
4. Eliminación de líneas en blanco.
5. Eliminación de espacios no significativos:
 - a. Espacios entre la definición de atributos.
 - b. Espacios dentro de *tags*.
6. Expandir todos los elementos con `<... />`
7. Organización alfabética de los atributos.

➤ Definición de Tipos de Documentos (DTD)

El DTD es una definición en un documento XML que especifica restricciones en la estructura del mismo.

La definición de un DTD especifica la sintaxis de una aplicación de XML, que puede ser un estándar ampliamente utilizado como XHTML o una aplicación local.

Los DTDs son generalmente empleados para determinar la estructura de un documento XML. Un DTD describirá típicamente cada elemento admisible dentro del documento, los atributos posibles y (opcionalmente) los valores de atributo permitidos para cada elemento. Es más, describirá los anidamientos y ocurrencias de elementos. La mayoría de DTD se componen generalmente de definiciones de ELEMENT y definiciones de ATTLIST.

Hay varios modos de referenciar un DTD en un documento XML:

- Incluir dentro del documento una referencia al documento DTD en forma de URI (*Universal Resource Identifier*, o identificador universal de recursos) y mediante la siguiente sintaxis: `<!DOCTYPE familia SYSTEM "http://localhost/familia.dtd">`
- Incluir dentro del propio documento el DTD incorporando a la declaración forma de incluir el DTD directamente como en este ejemplo pasa por añadir a la declaración `<!DOCTYPE` seguida del nombre del nombre del tipo de documento, en vez de la URI del DTD, el propio DTD entre los símbolos '[' y ']'.
Todo lo que hay entre ellos será considerado parte del DTD.

La definición de los elementos es bastante intuitiva: después de la cláusula `<ELEMENT` se incluye el nombre del elemento (el que luego se indicara en la etiqueta), y después diferentes cosas en función del elemento:

- Entre paréntesis, si el elemento es no vacío, se indica el contenido que puede tener el elemento: la lista de elementos hijos o que descienden de él si los tiene, separados por comas; o el tipo de contenido, normalmente `#PCDATA`, que indica datos de tipo texto.

Herramienta Avanzada de Gestión de Proyectos de Instalación en el Área de las Telecomunicaciones

- Si es un elemento vacío, se indica con la palabra EMPTY.

Si es un elemento vacío, a la hora de indicar los elementos descendientes (los que están entre paréntesis) vemos que van seguidos de unos caracteres especiales: '+', '*', '?' y '|'. Sirven para indicar qué tipo de uso se permite hacer de esos elementos dentro del documento:

- +: Uso obligatorio y múltiple; permite uno o más elementos de ese tipo dentro del elemento padre, pero como mínimo uno.
- *: Opcional y múltiple; puede no haber ninguna ocurrencia, una o varias.
- ? : Opcional pero singular; puede no haber ninguno o como mucho uno.
- |: Equivale a un OR, es decir, da la opción de usar un elemento de entre los que forman la expresión, y solo uno.

Para la definición de los atributos, se usa la declaración <!ATTLIST, seguida de:

- El nombre de elemento del que estamos declarando los atributos;
- El nombre del atributo;
- Los posibles valores del atributo, entre paréntesis y separados por el carácter |, que al igual que para los elementos, significa que el atributo puede tener uno y sólo uno de los valores incluidos entre paréntesis. O bien, si no hay valores definidos, se escribe CDATA para indicar que puede ser cualquier valor (alfanumérico, vamos). También podemos indicar con la declaración ID que el valor alfanumérico que se le de será único en el documento, y se podrá referenciar ese elemento a través de ese atributo y valor;
- De forma opcional y entrecomillado, un valor por defecto del atributo si no se incluye otro en la declaración;
- Por último, si es obligatorio cada vez que se usa el elemento en cuestión declarar este atributo, es necesario declararlo con la cláusula #REQUIRED; si no lo es, se debe poner #IMPLIED, o bien #FIXED si el valor de dicho atributo se debe mantener fijo a lo largo de todo el documento para todos los elementos del mismo tipo (no es lo mismo esto a lo que significaba ID).