



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
DIRECCIÓN DE POSTGRADO

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

PROPUESTA DE TRABAJO DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL PROCESO VERIFICACIÓN DEL ALCANCE EN  
LOS PROYECTOS DE OPTIMIZACIÓN DE RF EN LA RED MÓVIL  
CELULAR DE MOVILNET**

Presentado a la Universidad Católica Andrés Bello,  
por:  
Luis Eduardo Barrios Navarro

Como requisito parcial para optar al grado de:  
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS

Realizado con la tutoría del profesor

Prof. Lucía Rodríguez

Caracas, marzo de 2007

## DEDICATORIA

*A Dios, quien nunca me abandona y siempre me guía en todas las cruzadas que emprendo.*

*A mis Padres, quienes son mi punto de apoyo, parte de lo que soy y la fuerza que me mueve.*

*A mi Abuela Inés, de quien es realmente este triunfo.*

*A mis Tíos y Tías, quienes siempre han creído en mí.*

# AGRADECIMIENTOS

*“Todo viaje por más largo que sea  
siempre comienza con un paso”*

*Proverbio Hindú*

Al concluir este proyecto, no queda más que agradecer a todas las personas que me ayudaron a dar el primer paso y más aun a las que me acompañaron en este nuevo viaje, ofreciéndome su apoyo y su amistad incondicional en todo momento, estas líneas no son capaces de retribuir ni de plasmar todo mi agradecimiento, sólo es una forma de rendir homenaje a todos estos compañeros de travesía.

Hay dos personas a las cuales les debo mucho y su ayuda se ve reflejada en este trabajo, ellas son Lourdes y Daniela; su preocupación y esfuerzo ayudaron a lograr esto. No se que hubiese pasado si no contara con su apoyo, estas líneas no bastan para expresar mi gratitud.

A mis amigos de la vida y del postgrado, a Gerardo y a Ronnel; fue un honor haber compartido aulas con ustedes, gracias por el apoyo y la solidaridad. A Luisana con quien siempre puedo contar, de corazón gracias por existir.

No puedo dejar de agradecer a mi Tutora Académica la Profesora Lucia Rodríguez, quien trabajo duro y me acompañó en una lucha contra el tiempo, a quien le logramos ganar una batalla.

A todas las personas que no aparecen reflejadas en estas líneas, pero hacia las cuales mi agradecimiento también es infinito, a todos los que siempre me tendieron su mano desinteresadamente para terminar este trabajo, a todos los que se preocuparon por su buen fin, a todos ellos mil gracias, porque todos forman parte de este logro.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

|   |            |
|---|------------|
| <b>RESUMEN .....</b>  | <b>VI</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>VII</b> |
| <b>CAPÍTULO 1. PROPUESTA DEL PROYECTO .....</b>   | <b>1</b>   |
| 1.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....  | 1          |
| 1.2 PROBLEMA .....  | 2          |
| 1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....   | 2          |
| 1.3.1 <i>Objetivo General</i> .....   | 2          |
| 1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....  | 2          |
| 1.4 METODOLOGÍA .....   | 3          |
| 1.4.1 <i>Análisis teórico del proceso de verificación del alcance</i> .....   | 3          |
| 1.4.2 <i>Análisis de los Proyectos de Optimización de RF de Movilnet</i> .....  | 3          |
| 1.4.3 <i>Análisis del proceso de verificación del alcance implementado actualmente en los Proyectos de Optimización de RF de Movilnet</i> ..... | 4          |
| 1.4.4 <i>Evaluación de la ejecución del Proceso de Verificación del Alcance en los Proyectos de Optimización de RF en Movilnet</i> .....        | 4          |
| <b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....</b>  | <b>5</b>   |
| 2.1 ASPECTOS BÁSICOS DE PROYECTOS .....   | 5          |
| 2.2 ASPECTOS BÁSICOS DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR .....   | 9          |
| 2.3 INDICADORES DE PERFORMANCE.....   | 11         |
| 2.3.1 <i>Tráfico</i> .....  | 12         |
| 2.3.2 <i>Llamadas Establecidas</i> .....  | 13         |
| 2.3.3 <i>Fallas de RF durante el Establecimiento de una Llamada</i> .....   | 14         |
| 2.3.4 <i>Drop Call Rate</i> .....   | 14         |
| 2.3.5 <i>Bloqueo de Elementos de Canal</i> .....  | 15         |
| 2.3.6 <i>Bloqueos de Packet Pipes</i> .....   | 16         |
| 2.3.7 <i>Bloqueo por Potencia</i> .....   | 17         |
| 2.3.8 <i>Bloqueo por Sobrecarga</i> .....   | 17         |
| 2.3.9 <i>Indicadores de Handoff</i> .....   | 18         |
| 2.4 OPTIMIZACIÓN DE RADIO FRECUENCIAS .....   | 19         |
| 2.4.1 <i>Implementación Inicial</i> .....   | 20         |
| 2.4.2 <i>Implementación</i> .....   | 20         |
| 2.4.3 <i>Medición</i> .....   | 21         |
| 2.4.4 <i>Análisis</i> .....   | 22         |
| <b>CAPÍTULO 3. MARCO ORGANIZACIONAL .....</b>   | <b>23</b>  |
| 3.1 HISTORIA DE LA ORGANIZACIÓN.....  | 23         |
| 3.2 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA .....   | 24         |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 4. DESARROLLO .....</b>  | <b>26</b> |
| 4.1 ANÁLISIS DEL PROCESO DE OPTIMIZACIÓN DE HARDWARE DE RF LLEVADO A CABO POR MOVILNET DESDE LA PERSPECTIVA DEL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO ..... | 26        |
| 4.1.1 <i>Visualización</i> .....   | 30        |
| 4.1.2 <i>Conceptualización</i> .....   | 33        |
| 4.1.3 <i>Definición</i> .....  | 35        |
| 4.1.4 <i>Implementación</i> .....  | 37        |
| 4.2 VERIFICACIÓN DEL ALCANCE REALIZADA USUALMENTE EN LOS PROYECTOS DE OPTIMIZACIÓN DE HARDWARE DE RF .....   | 41        |
| 4.2.1 <i>Mapas de cobertura y calidad utilizando el software de simulación y optimización</i> .....  | 41        |
| 4.2.2 <i>Configuración de estaciones radiobases</i> .....  | 43        |
| 4.2.3 <i>Estadísticas de los principales indicadores de performance</i> .....  | 44        |
| 4.2.4 <i>Drive test de las zonas optimizadas</i> .....   | 45        |
| 4.3 VERIFICACIÓN DEL ALCANCE EN LOS PROYECTOS DE OPTIMIZACIÓN DE HARDWARE DE RF SEGÚN LOS PARÁMETROS DEL PMBOK .....                               | 46        |
| 4.3.1 <i>Entradas</i> .....  | 46        |
| 4.3.2 <i>Herramientas</i> .....  | 48        |
| 4.3.3 <i>Salidas</i> .....   | 49        |
| <b>CAPITULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>  | <b>52</b> |
| 5.1 FALTA DE UNA DEFINICIÓN EXPLICITA DEL ALCANCE DE LOS PROYECTOS DE OPTIMIZACIÓN DE HARDWARE RF: ..  | 52        |
| 5.2 BUEN NIVEL DE DETALLE DEL DICCIONARIO DE LA EDT: .....   | 53        |
| 5.3 DEFINICIÓN DE LOS PRODUCTOS ENTREGABLES: .....   | 53        |
| 5.4 FALTA DEL PLAN DE GESTIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO:.....   | 53        |
| 5.5 CARÁCTER CUALITATIVO EN LOS PROCESOS DE INSPECCIÓN Y ACEPTACIÓN DE LOS ENTREGABLES DEL PROYECTO: .....   | 55        |
| 5.6 SOLICITUDES DE CAMBIOS .....   | 55        |
| 5.7 ACCIONES CORRECTIVAS .....   | 56        |
| <b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>  | <b>57</b> |
| 6.1 CONCLUSIONES .....   | 57        |
| 6.2 RECOMENDACIONES .....  | 58        |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>  | <b>61</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>62</b> |
| ANEXO A. FORMATO USADO PARA INFORME TIPO .....   | 62        |

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Procesos de la gerencia de proyectos .....   | 5  |
| Figura 2. Áreas de conocimiento de la Gerencia de Proyectos.....   | 6  |
| Figura 3. Procesos de la Gestión de Alcance .....  | 7  |
| Figura 4. Entradas, salidas y técnicas del proceso verificación del alcance .....  | 7  |
| Figura 5. Ejemplo del reuso de códigos entre las distintas celdas de una red celular.....                                  | 10 |
| Figura 6. Handoff.....   | 10 |
| Figura 7. Soft Handoff .....   | 11 |
| Figura 8. Modelo d para la optimización de redes celulares.....  | 19 |
| Figura 9. Organigrama de Movilnet.....   | 24 |
| Figura 10. Gerencias involucradas en Proyectos de Optimización de RF.....  | 24 |
| Figura 11. Bloques de procesos relacionados con los proyectos de optimización de RF.....                                   | 26 |
| Figura 12. Actividades de los proyectos de optimización de RF.....   | 28 |
| Figura 13. Enfoque moderno del ciclo de vida de un proyecto .....  | 29 |
| Figura 14. Correlación entre el ciclo de vida de un proyecto y las actividades propias de un proyecto de optimización..... | 29 |
| Figura 15. Ejemplo de drive test para la calibración de modelos .....  | 33 |
| Figura 16. Actividades relacionadas con la fase de Conceptualización .....   | 34 |
| Figura 17. Actividades relacionadas con la fase de Definición .....  | 36 |
| Figura 18. Actividades relacionadas con la fase de Implementación .....  | 38 |
| Figura 19. Ejemplo de huella de Ec/Io.....   | 42 |

## RESUMEN

Telecomunicaciones Movilnet C.A. empresa dedicada al negocio de las telecomunicaciones móviles en Venezuela, actualmente es objeto de un crecimiento acelerado de su red de Acceso Múltiple por División de Código - CDMA, con el fin de hacer frente a las exigencias de capacidad y calidad del servicio, producto del acelerado incremento en el número de suscriptores y por ende, en el tráfico cursado en la red. Este crecimiento trae como consecuencia una desmejora en el aprovechamiento actual de los recursos instalados, debido al dinamismo del comportamiento de los usuarios así como por el impacto que ocasiona la instalación de nuevos elementos en la red. Se hace necesario, luego de un análisis sobre los indicadores del desempeño de la red, la realización de proyectos de optimización de hardware de Radio Frecuencia en los diferentes elementos que conforman el sistema, a fin de mejorar el uso de estos recursos. Para la ejecución de este tipo de proyectos se requiere, en primer lugar, de un riguroso levantamiento de información de la red, que permita realizar la definición del proyecto. Seguidamente se debe realizar su ejecución y por último la comprobación de que se obtuvieron los resultados establecidos en la etapa de definición. Es en estas dos últimas fases, en que se hace imperiosa la necesidad de verificar con rigurosidad el cumplimiento del alcance planteado, debido a que éstas son ejecutadas por unidades de la empresa ajenas a la que promueve el proyecto y sobre las cuales no se tiene un control directo. Es así como se realizará un análisis de los actuales mecanismos y procedimientos llevados a cabo para la verificación del alcance, a fin de detectar posibles fallas y poder de esta manera recomendar mejoras. Estas mejoras se traducirán en una mayor calidad de servicio para el usuario (llamadas nítidas, menos intentos fallidos, reducir el número de llamadas caídas, etc.), así como también se logra un uso eficiente de los recursos disponibles, permitiendo maximizar la capacidad del sistema, lo que conlleva finalmente a un aumento en los ingresos de la empresa con los recursos existentes.

**Palabras Claves:** Alcance, Verificación, CDMA, Telecomunicaciones, Optimización, Radiofrecuencia, Interfaz de Aire

## INTRODUCCIÓN

Hoy por hoy la telefonía celular se ha convertido en uno de los servicios de telecomunicación con mayor demanda a nivel mundial desplazando inclusive a la telefonía fija en cuanto a número de suscriptores se refiere. Desde su irrupción en el ámbito comercial a principios de los ochenta, la industria celular ha venido creciendo en una forma acelerada con especial dinamismo en la década de los noventa, periodo en el cual su crecimiento ha sido exponencial.

Muchas son las razones atribuibles al auge de la telefonía móvil sobre la telefonía fija, siendo la más importante entre ellas, el que por intermedio de un teléfono móvil se llama a la persona y no al sitio, por el hecho que permite que la persona sea encontrada a través de un número. En otras palabras, el teléfono móvil se mueve con su dueño y siempre se sabe donde él está.

Esto permite a los usuarios tanto mayor movilidad como mayor libertad personal y mayor facilidad de la comunicación, que resulta más acorde con el estilo de vida de estos tiempos modernos. Además, las características disponibles en el terminal móvil digital (identificación de llamadas, correo de voz, llamada en espera, transmisión y recepción de pequeños mensajes) que por lo general están disponibles para el abonado, en muchos países sin cargo adicional, hacen su uso todavía más atractivo.

Otra razón importante que explica la popularidad de los teléfonos celulares es que los cambios tecnológicos han aumentado su calidad, mientras sus precios han disminuido considerablemente en la mayoría de los países. Del teléfono análogo de la década de los ochenta con limitada capacidad, algunos problemas de calidad en la comunicación y altos costos, se pasó a uno más versátil como lo es el celular digital, el cual posee una mayor calidad y capacidad de transmisión lo que permite prestar servicios adicionales sobre la red a costos significativamente menores.

Esta situación ha propiciado en gran medida la masificación del servicio móvil celular por la que atraviesa la industria en estos momentos. Para los primeros años de esta década la revolución continuará con la tercera generación de teléfonos móviles en donde se vislumbra, entre otras cosas, un exitoso matrimonio de la telefonía móvil con Internet.

La operación de estas redes celulares requieren de un esquema de continuas mediciones y análisis de su desempeño, a fin de garantizar siempre niveles de calidad que igualen o superen las expectativas de los usuarios.

Para lograr esto hace falta la implementación de cambios en parámetros y configuraciones de los distintos elementos, a fin de adaptar las redes al dinamismo de los usuarios y la aparición de nuevos núcleos de tráfico. Estos cambios en las configuraciones se manejan en la actualidad como proyectos de optimización de hardware de RF.

Entonces, los proyectos de optimización de RF buscan impactar positivamente la red solventando deficiencias producidas por modificaciones en los patrones de comportamiento de los usuarios. Para verificar que este impacto sea tan favorable como se desea es necesario realizar la verificación del alcance definido para este tipo de proyectos.

Es imperioso que esta verificación del Alcance se realice de la manera más precisa posible, a fin de que se garantice que el impacto logrado sobre la red abarca lo planteado en los objetivos del proyecto y por ende con los requerimientos que le dieron origen.

Es así como se estará evaluando la ejecución del proceso de verificación del alcance en los procesos de optimización de hardware de RF a fin de verificar como se esta llevando a cabo y plantear las recomendaciones a las que hubiese lugar para mejorarlo.

## CAPÍTULO 1. PROPUESTA DEL PROYECTO

### 1.1 *Justificación del Proyecto*

El crecimiento acelerado del tráfico en la red celular de Movilnet, ocurrido en los últimos meses, ha implicado un despliegue de estaciones radiobases, acorde con este crecimiento. La incorporación a la red de nuevas estaciones causa una desmejora en el desempeño y aprovechamiento de los recursos del sistema (espectro radioeléctrico, capacidad, etc.).

Lucent Technologies (2003) plantea que, el objetivo fundamental de un proveedor de servicio celular, es poder prestar cobertura en la mayoría de las zonas donde se posee concesión para el servicio y dentro de ésta, con mayor énfasis, en los lugares donde los usuarios se encuentren.

Es así, como mejorar el *performance* de la red, garantiza una mejor calidad en el servicio, desde el punto de vista de los usuarios (llamadas nítidas, llamadas en un solo intento, etc.); hace uso de manera eficiente de los recursos disponibles, permitiendo de esta manera maximizar el tráfico que se cursa, lo que se traduce en mayores ingresos para la empresa.

Adicional a lo anterior, Francés (2001) comenta, cuando habla de las Cinco Fuerzas de Porter, que cuando para el comprador existe un costo de cambio bajo, se corre el riesgo que cualquier otro proveedor que ofrezca mejores condiciones, pueda atraerlo. Lo anterior ilustra como la calidad es parte esencial de las redes celulares y se vuelve imperante, tanto a la hora de atraer nuevos clientes, como a la hora de mantener la cartera actual.

Por esta razón, existen niveles mínimos de calidad, perfectamente definidos a través de indicadores, que son la manera de garantizar un nivel de servicio acorde con las expectativas del cliente, que es lo que se busca conseguir, con la realización de proyectos de optimización. Es decir, estos proyectos nacen por la necesidad de hacer un mejor uso de los recursos instalados, así como, para mejorar la calidad de las comunicaciones que se establezcan en la red móvil celular.

---

Para medir estos niveles de calidad, existen en la actualidad, una serie de indicadores que nos permiten tener una visión bastante detallada del *performance*, ya sea de una estación celular, un mercado o de la red en general. Estos indicadores son la referencia para la verificación del alcance del proyecto, a través de la comparación entre los valores iniciales y posteriores a la ejecución del mismo, se determina el éxito e impacto que tuvo el proyecto en el desempeño de la red.

Al presente, no existe un sistema formal para la verificación del alcance de los proyectos de optimización y se hace imperiosa su implantación. Un método de verificación permitiría realizar un uso eficiente de los recursos y podría generar la creación de registros de mejores prácticas, a fin de iniciar procesos de mejoras continuas, además de por supuesto, garantizar que el proyecto se ejecute de manera satisfactoria.

## **1.2 Problema**

La falta de metodología, para la verificación del alcance de los Proyectos de Optimización de RF, repercute en el manejo inapropiado de los recursos, para lograr las mejoras necesarias que plantean los requerimientos del desempeño de la red. Este trabajo permitirá analizar los elementos que giran en torno a este problema y así, en corto plazo, establecer perfeccionamientos en los procesos.

## **1.3 Objetivos del Proyecto**

### **1.3.1 Objetivo General**

Evaluar el proceso de verificación del alcance en los Proyectos de Optimización de Radio Frecuencia en la red móvil celular de Movilnet.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Análisis de los Proyectos de Optimización de RF desde la perspectiva del ciclo de vida de un proyecto

- Identificar y evaluar las entradas, herramientas y salidas del proceso de verificación del alcance para los Proyectos de Optimización de RF, según los principios del PMI
- Identificar y evaluar los puntos de atención, con la finalidad de establecer recomendaciones en la ejecución del Proceso de Verificación del Alcance dentro de los Proyectos de Optimización de RF

## **1.4 Metodología**

Se tiene estipulado realizar este proyecto en cuatro fases, las cuales a su vez se dividen en subfases, éstas son las siguientes:

### **1.4.1 Análisis teórico del proceso de verificación del alcance**

- Identificación teórica del proceso de verificación del alcance, así como de sus entradas y salidas con base en el PMBOK
- Identificación teórica de las herramientas y técnicas recomendadas actualmente para el proceso de verificación del alcance en los proyectos

Hito: Identificación de variables teóricas a evaluar

### **1.4.2 Análisis de los Proyectos de Optimización de RF de Movilnet**

- Revisar la estructura y metodología implementada actualmente en los Proyectos en estudio
- Análisis de elementos anteriores y posteriores a la ejecución del proyecto

Hito: Comprensión del entorno que gira alrededor de la ejecución de este tipo de proyectos.

### **1.4.3 Análisis del proceso de verificación del alcance implementado actualmente en los Proyectos de Optimización de RF de Movilnet**

- Identificación y recopilación de las entradas del proceso de Verificación del Alcance en los proyectos en estudio.
- Descripción de la metodología utilizada actualmente en el proceso de Verificación del Alcance para estos proyectos en Movilnet.
- Identificación y recopilación de los registros obtenidos como salidas en el proceso de verificación del alcance dentro de los proyectos de Optimización de RF en Movilnet.

Hito: Descripción de la ejecución del proceso de verificación del alcance realizado en los Proyectos de Optimización de RF en Movilnet.

### **1.4.4 Evaluación de la ejecución del Proceso de Verificación del Alcance en los Proyectos de Optimización de RF en Movilnet**

- Evaluación de las herramientas utilizadas evidenciadas en la fase anterior
- Análisis de las herramientas recomendadas para la ejecución de este proceso
- Análisis de las salidas de los procesos en evaluación
- Generación de recomendaciones con los *input* obtenidos

Hito: Generación de recomendaciones sobre la ejecución del proceso de Verificación del Alcance en los proyectos de Optimización de RF en Movilnet

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Aspectos Básicos de Proyectos

Un proyecto, presenta tres características importantes que permiten diferenciarlo de la continuidad operativa. La primera característica está en el manejo del tiempo, el proyecto es temporal, acotado, se ejecuta en un período de tiempo establecido, donde se realizan un conjunto de actividades para alcanzar un objetivo específico.

Un proyecto se realiza con el propósito de obtener un resultado único a diferencia de la continuidad operativa que se basa en producción. La última característica que diferencia ambos tipos de trabajos es que un proyecto se realiza con elaboración gradual, progresivamente.

Según la Guía del PMBOK, la metodología de realización de un proyecto está comprendida de múltiples procesos y éstos se agrupan según sus características en procesos de iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control y procesos de cierre.

Se puede notar en la Figura 1 que todos los grupos de procesos son interactivos entre sí. Al final, todo se consolida en un conjunto global, con entradas, herramientas y salidas para alcanzar los objetivos del proyecto.

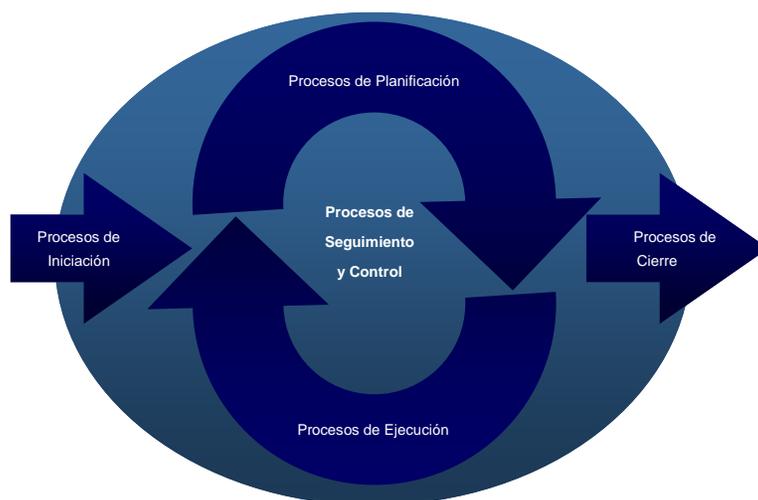


Figura 1. Procesos de la gerencia de proyectos

La Guía del PMBOK identifica las nueve áreas de conocimiento de la gerencia de proyectos, toma cada uno de sus procesos y los agrupa como se indicó anteriormente. Las áreas de conocimiento son nueve y son Gestión de la Integración, Alcance, Tiempo, Costos, Calidad, Recursos Humanos, Comunicaciones, Riesgos y Adquisiciones del Proyecto. La Figura 2 muestra las áreas de conocimiento de la Gerencia de Proyectos.



Figura 2. Áreas de conocimiento de la Gerencia de Proyectos

Las herramientas y técnicas descritas dentro de cada proceso, están íntimamente relacionadas con el modo de trabajar de la organización que las ejecute. A continuación se hace una breve descripción de la Gestión del Alcance y del proceso verificación del alcance, comprendido dentro de los procesos de seguimiento y control, para el entendimiento y análisis del Trabajo Especial de Grado.

La Gestión del Alcance incluye los procesos necesarios para controlar y definir lo que está y no está definido. Esta gestión debe asegurar que no se incurra en trabajo innecesario, ni tampoco se omitan aspectos indispensables en la planificación y ejecución. Para ello se trabaja seriamente en la planificación del mismo, definiendo y delimitando el objetivo del proyecto, para luego trasladar éste, a actividades y paquetes de trabajos agrupados en la Estructura Desagregada de Trabajo, llamada EDT.

Los cinco procesos de la Gestión del Alcance se muestran en la Figura 3.

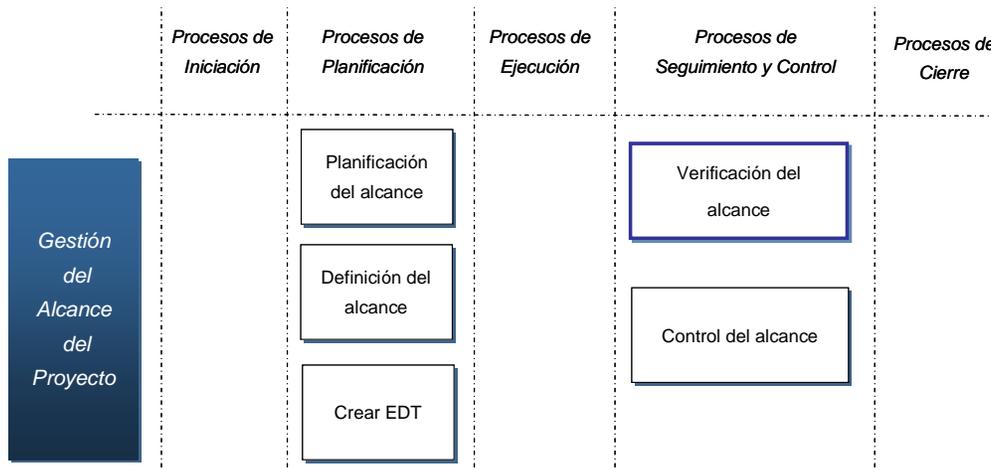


Figura 3. Procesos de la Gestión de Alcance

El objetivo de este Trabajo Especial de Grado se centra en el proceso de seguimiento y control, de la Gestión de Alcance, específicamente en el proceso Verificación del Alcance, cuya explicación se encuentra a continuación.

A través del proceso Verificación del alcance se comprueban formalmente los productos terminados, en la Figura 4 se pueden apreciar los elementos, entradas, herramientas y salidas, que aseguran el cumplimiento de los objetivos y metas.



Figura 4. Entradas, salidas, herramientas y técnicas del proceso verificación del alcance

Dentro de las entradas del proceso tenemos:

- Enunciado del alcance del proyecto: Corresponde a la delimitación clara y sin posibilidades de confusión, del entregable principal del proyecto, es decir, corresponde a la explicación explícita de lo que se espera recibir como producto al finalizar el proyecto.
- Diccionario de la EDT: Es una salida del proceso crear EDT, dentro de la Gestión de Alcance en la etapa de planificación y consiste en una descripción detallada de lo que

implica cada actividad de la EDT, para evitar confusiones y delimitar de una manera explícita, los entregables mediales, que permitirán evaluar la condición del proyecto en la ejecución como en el cierre.

- Plan de Gestión del Alcance del proyecto: Salida del proceso que lleva su nombre, dentro de la Gestión de Alcance en la etapa de planificación, aquí se establece como el equipo de proyectos definirá, documentará, controlará el alcance.
- Productos entregables: Representa la lista de aquellos entregables o hitos necesarios para el cumplimiento del objetivo del proyecto.

El PMBOK indica que la única herramienta recomendada es la inspección, y la precisa como todas las actividades que permitan medir si los productos entregables cumplen con las características y criterios establecidos. Es a la organización a la que le toca establecer sus mecanismos de inspección.

Dentro de las salidas se encuentran:

- Productos entregables aceptados: Representa la lista de aquellos entregables o hitos que pasaron por el proceso de verificación y se aprueban por contar con su total completación.
- Cambios solicitados: Surgen en la etapa de ejecución y son salidas de muchos procesos. Abarca desde cambios en el alcance, presupuesto, cronograma hasta solicitudes de cambios en procedimientos. No todo cambio será aceptado, deberá ser evaluado en el proceso control integrado de cambios.
- Acciones correctivas recomendadas: Luego del análisis de la situación en un instante de tiempo, pueden surgir cambios en muchos elementos del proyecto, para solucionar posibles desviaciones. Las proyecciones muestran el panorama y para corregirlo, de ser necesario, surge este listado de acciones.

## **2.2 Aspectos Básicos de Telefonía Móvil Celular**

La telefonía celular es una infraestructura de comunicaciones que tiene como objetivo ofrecer comunicación personal inalámbrica y una gran variedad de servicios como valor agregado, permitiendo la comunicación entre dos o más usuarios sin importar la ubicación geográfica de estos dentro de un área conocida como área de servicio. Esto quiere decir, que los usuarios son libres de moverse dentro de esta área sin dejar de ser servidos por el sistema celular.

Desde sus inicios, la industria de la telefonía móvil se ha enfrentado a un problema: dar servicio a tantos usuarios como sea posible haciendo uso de un recurso tan limitado como lo es el espectro radioeléctrico. Antes de la aparición de la tecnología celular la solución era dividir el espectro en tantas bandas de frecuencia como fuera posible, y así crear canales adicionales que incrementan la capacidad de usuarios. Sin embargo, esto se traducía en una reducción del ancho de banda asignado a cada usuario lo que provocaba una pérdida en la calidad del servicio. La tecnología celular introdujo un nuevo concepto, no se dividiría las frecuencias, sino que la comunicación se dividiría geográficamente a través de celdas haciendo un uso más eficiente del espectro.

Este concepto difería en gran medida con el esquema tradicional de telefonía inalámbrica, y básicamente esto se debía a dos nuevos conceptos introducidos por la telefonía celular: el reuso de frecuencias y el handoff. Una de las soluciones al problema del limitado número de canales, consiste en dividir geográficamente el área de cobertura en celdas, que para propósitos de análisis y comprensión se toman como hexagonales como se aprecia en la figura 5. Cada hexágono es el área de cubierta por un sector de una celda o radio base en la que se encuentran antenas y equipos para la comunicación. El reuso de frecuencias consiste en que el mismo canal puede ser utilizado por distintas celdas en el área de cobertura siempre y cuando se diferencien a través del uso de códigos a fin de que el móvil pueda identificar exactamente con que celda se está comunicando.

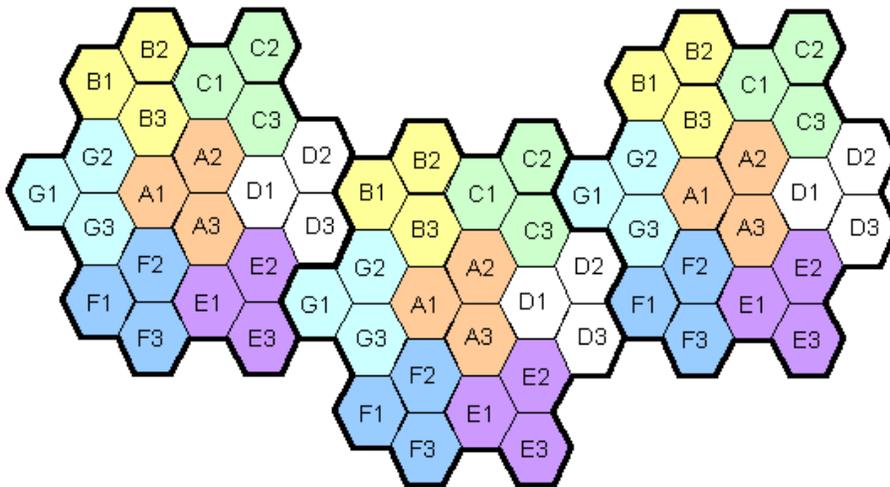


Figura 5. Ejemplo del reuso de códigos entre las distintas celdas de una red celular.

El segundo concepto clave que hace posible la telefonía celular es el handoff, éste consiste en entregar la llamada de una celda a otra mientras el teléfono celular se mueve a través de la red. Es justamente esta característica lo que permite que la telefonía celular sea móvil. El sistema es controlado por un procesador que en todo momento rastrea la ubicación de los abonados dentro de las celdas, de tal manera que cuando un teléfono se acerca al borde de una celda la llamada es transferida a la nueva estación en que se encuentra, asignándole en ésta un nuevo canal, como se ve en la figura 6.

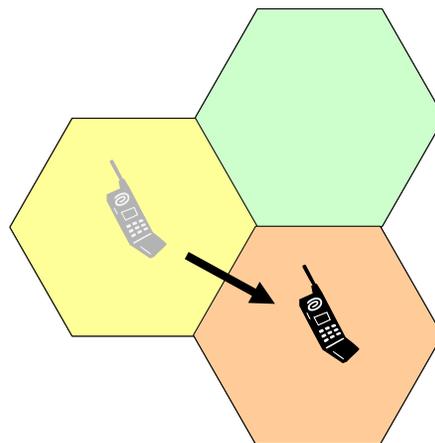


Figura 6. Handoff

El handoff se divide en dos grandes grupos según su ejecución, el hard handoff el cual se produce cuando el móvil pasa de una celda a otra liberando su conexión con la celda origen

para luego rehacerla con su celda destino. Y el soft handoff en el cual el móvil puede estar conectado con más de una celda a la vez.

En este último caso es cuando se habla de tráfico secundario, el cual se debe a que mientras el móvil se encuentre conectado a más de una celda existe sólo una conexión que controla la llamada para el resto de las celdas involucradas este móvil representa tráfico secundario como se muestra en la figura 7. Éste es el tipo de handoff que se produce en la red CDMA.

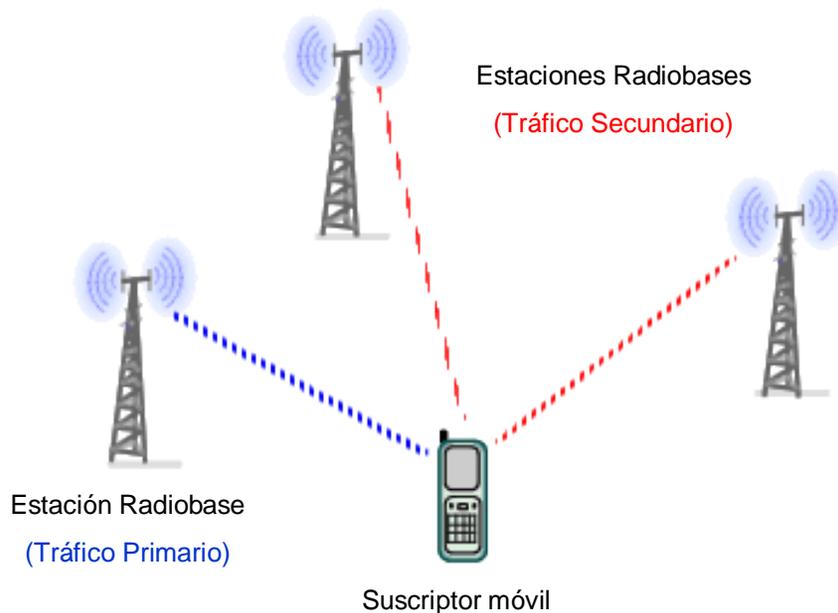


Figura 7. Soft Handoff

Dos indicadores más que son importantes son el  $E_c/I_o$  y el FER, el  $E_c/I_o$  es la relación en dB que existe entre la energía del canal con el resto de la potencia recibida, se podría decir que es la relación señal a ruido utilizada en CDMA. Por su parte el FER corresponde al porcentaje de tramas erradas recibidas.

Otros indicadores que nos permitirán medir la calidad del servicio de un sistema celular basado en tecnología CDMA serán definidos en la sección siguiente.

### 2.3 Indicadores de Performance

Las fallas de procesamiento de llamadas afectan sin duda la calidad de un sistema celular. Dicha degradación puede ser estudiada a través de los indicadores claves de *performance* (o KPI por sus siglas en inglés) que proporcionan información sobre las características de calidad del sistema.

Entre estos indicadores, también llamados métricas, se pueden citar los siguientes: Tráfico, Bloqueos de Elementos de Canal, Bloqueos de *Packet Pipes*, Bloqueos por Potencia, Bloqueos por Sobrecarga, *Drop Call Rate*, Indicadores de *Handoff*, Llamadas Establecidas y Fallas de RF durante el establecimiento de una llamada. A continuación se estudiarán cada uno de estos KPI por separado.

### **2.3.1 Tráfico**

En telecomunicaciones, el tráfico es una medida de la ocupación promedio de una facilidad o recurso del sistema durante un cierto período de tiempo, usualmente una hora. La unidad utilizada para la medición de este indicador es el *Erlang*. Estrictamente hablando, un *Erlang* representa la continua ocupación de una ruta de voz (*Voice path*) en un intervalo de tiempo especificado.

Estas medidas le permiten a los diseñadores de una red celular, dimensionar adecuadamente su sistema, cubriendo así las necesidades de los usuarios. También, este indicador es utilizado para el monitoreo y la optimización de un sistema ya implementado, donde se puede observar la capacidad que tiene dicho sistema, para manejar el volumen requerido de usuarios, para tomar así decisiones de expandir o no su capacidad.

El tráfico en una estación base o en un sistema puede ser dividido en dos: Tráfico primario y tráfico secundario. El tráfico primario representa una medida de la ocupación de un elemento de canal por un móvil y el tráfico secundario representa una medida de la ocupación de más de un elemento de canal por un mismo móvil, sea en una estación base o en varias.

La suma de ambos indicadores forma una medida general del tráfico, tal como se observa en la siguiente ecuación [1].

$$\text{Tráfico Total} = \text{Tráfico Primario} + \text{Tráfico Secundario} \quad [1]$$

En la actualidad, se manejan dos mercados diferentes: Celulares de segunda generación (2G) y de tercera generación (3G), donde ambas coexisten en la red de 3G implementada en la empresa. Dada la existencia de ambos mercados, el tráfico también se puede distribuir en: Tráfico 2G y Tráfico 3G. Se observa en las ecuaciones [2] y [3] como se puede desglosar la ecuación [1] dependiendo del mercado al que pertenezca. Finalmente en la ecuación [4] se observa una medida global del tráfico que cursa una estación base o un sistema.

$$\text{Tráfico Total 2G} = \text{Tráfico Primario 2G} + \text{Tráfico Secundario 2G} \quad [2]$$

$$\text{Tráfico Total 3G} = \text{Tráfico Primario 3G} + \text{Tráfico Secundario 3G} \quad [3]$$

$$\text{Tráfico Total 2G \& 3G} = \text{Tráfico Total 2G} + \text{Tráfico Total 3G} \quad [4]$$

### 2.3.2 Llamadas Establecidas

Este KPI se encarga de medir la cantidad de intentos de llamadas, ya sea de emisión o de recepción, que son establecidos exitosamente. Es decir, este es un indicador utilizado para analizar el proceso del establecimiento de las llamadas y no involucra ni los estados de conversación de un móvil, ni los estados de liberación de los recursos asociados a una llamada. Este indicador, expresado en porcentaje, se calcula a través de la ecuación [5].

$$\text{Tasa de Llamadas Establecidas (\%)} = \frac{\left( \begin{array}{cc} \text{Seizures} & \text{Fallas en} \\ \text{en Origen} & \text{las llamadas} \\ \text{de llamadas} & \text{de Emisión} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{cc} \text{Seizures} & \text{Fallas en} \\ \text{en Recepción} & \text{las llamadas} \\ \text{de llamadas} & \text{de Recepción} \end{array} \right)}{\begin{array}{cc} \text{Seizures} & \text{Seizures} \\ \text{en Origen} & \text{en Recepción} \\ \text{de llamadas} & \text{de llamadas} \end{array}} \times 100\% \quad [5]$$

### 2.3.3 Fallas de RF durante el Establecimiento de una Llamada

Las fallas de RF, como indicador de *performance*, se refieren a errores en el establecimiento de una llamada, debido a fallas en la asignación del canal de tráfico al móvil o a fallas en la configuración de dicha llamada, que pueden o no estar ligadas a condiciones de RF. Aunque es un indicador muy similar al de llamadas establecidas, proporciona información útil sobre los posibles errores que podrían ocurrir previamente a que la llamada sea estable. Un aumento en este indicador provocaría una evidente disminución en las llamadas establecidas. Aunque su nombre incorpore la palabra RF, este indicador es mucho más amplio ya que se extiende desde fallas en las interfaz aérea hasta errores en la central de conmutación.

Este KPI, expresado en porcentaje, se calcula a través de las ecuaciones [6] y [7] dependiendo del tipo de llamada.

$$\text{Tasa de Fallas RF Emisión (\%)} = \frac{\text{TCCF emisión} + \text{Fallas de configuración de una llamada de emisión}}{\text{Total de llamadas de emisión asignadas a un canal fundamental}} \times 100\% \quad [6]$$

$$\text{Tasa de Fallas RF Recepción (\%)} = \frac{\text{TCCF recepción} + \text{Fallas de configuración de una recepción de llamada}}{\text{Total de recepción de llamadas asignadas a un canal fundamental}} \times 100\% \quad [7]$$

### 2.3.4 Drop Call Rate

El *Drop Call Rate* constituye una medida de la calidad de una llamada establecida donde un abonado se encuentra hablando, en una llamada de voz  $\%_o$  datos, y dicha llamada es desconectada de forma involuntaria.

Este indicador, expresado en porcentaje, se calcula a través de la ecuación [8].

$$\text{Drop Call Rate (\%)} = \frac{\text{Lost Calls} + \text{CP Fail Drops}}{\text{Total de Llamadas Establecidas}} \times 100\% \quad [8]$$

### 2.3.5 Bloqueo de Elementos de Canal

Un Elemento de Canal (CE) está asociado con un canal de tráfico y es el encargado de llevar a cabo el procesamiento en banda base, definido por el estándar, utilizado para cada llamada. En una estación base, un CE puede ser asignado para cubrir la necesidad de un canal de tráfico; también se debe utilizar uno para el canal de *paging* y otro para los canales de acceso, piloto y sincronización. El número de CEs disponibles por estación base, es dependiente de su configuración. De todas formas, en todos los casos, la interfaz aérea limita el uso de estos elementos.

Para soportar el manejo de los CEs, se utilizan tarjetas conocidas como unidades de canal. En las estaciones base MODCELL, a estas tarjetas se les llama CMU, mientras que en las estaciones base CDBS se les llama CCU.

Un indicador relacionado con los elementos de canal se conoce como “Bloqueo de CEs”. Este KPI otorga una medida de la cantidad de peticiones de llamadas que son negadas por falta de recursos debido a CEs no disponibles.

Un concepto adicional que vale la pena destacar es el de CE *pooling*. En las estaciones base del sistema CDMA de Lucent, todos los CEs son instalados de manera que puedan ser compartidos por varios sectores en forma dinámica y evitar la fijación de recursos a cada sector. Por ejemplo, si un sector en un momento dado necesita de la utilización de más CEs que algún otro sector, el CE *pooling* le permite a esa estación base “repartirse” a conveniencia el uso de estos elementos, elevando así la eficiencia y disminuyendo los bloqueos. Un móvil que efectúe un *handoff* con dos sectores de una misma estación base utilizará únicamente un elemento de canal; mientras que si el mismo móvil se encuentra en

proceso de *handoff* con tres sectores de una misma estación base utilizará dos elementos de canal, ocupando así un recurso adicional. Esta última clase de *handoff*, elevará la probabilidad de la existencia de bloqueos de CE en una estación base, ya que un usuario en particular estará ocupando una mayor cantidad de recursos.

### **2.3.6 Bloqueos de Packet Pipes**

La transmisión de datos entre una estación base y el MSC se realiza a través de líneas conocidas como DS1; estas son las encargadas de transportar la carga de tráfico y la data de señalización entre estos dos nodos. Las líneas DS1 pueden manejarse por los estándares tipo E1 o T1. Las líneas del estándar T1 contienen 24 DS0s; y las líneas del estándar E1 contienen 30 DS0s.

En los sistemas CDMA de Lucent, este tráfico de datos es transportado a través de *packet pipes* (PPs). Un PP es un canal lógico que consiste en múltiples DS0s en la línea DS1. Su capacidad depende de los siguientes factores: Tipo de tráfico que cursa el sistema (2G, 3G-1X, EVRC, LSPD, HSPD), tipo de DS0 (56kbps ó 64kbps) y el ancho del PP (número de DS0s).

La configuración de un PP varía de una estación base a otra. En su diseño, el objetivo principal es el de servir la cantidad de elementos de canal implementados en una estación base, con la menor cantidad de DS0s posibles, tomando en cuenta la carga de tráfico involucrada. Para este diseño, se calculan fundamentalmente dos parámetros: *Packet Pipe Capacity Unit* (PPCU) y *Packet Pipe Loading Coeficient* (PPLC).

El parámetro PPCU es el encargado de establecer la capacidad en ancho de banda que se define para cada PP. El parámetro PPLC relaciona los diferentes tipos de llamadas con la capacidad que tiene el PP para servir la carga requerida.

Si la carga real, que maneja un PP, excede su capacidad diseñada de manejo de datos, ocurre el evento conocido como bloqueo de PP. Este evento, utilizado como indicador de

*performance* para el monitoreo de la red, constituye básicamente una orden del sistema para proteger las llamadas cursantes y negar la petición de servicio de nuevas llamadas entrantes.

El bloqueo de PPs y la cantidad de CEs que se pueden manejar son parámetros que se encuentran relacionados, ya que un aumento en la cantidad de CEs requiere de un aumento en la capacidad del PP para evitar un bloqueo no deseado. También este bloqueo está relacionado con el dimensionamiento del PP donde se relaciona directamente con errores en el PPCU y el PPLC.

### 2.3.7 Bloqueo por Potencia

Las estaciones base poseen un límite de transmisión de potencia caracterizado por la capacidad que posean los equipos y, en especial, los transmisores. Una vez alcanzado este límite superior, la estación base negará las nuevas llamadas entrantes debido a que carece de la potencia necesaria para soportar esta petición de servicio. A esta negación debido a la indisponibilidad de potencia para transmitir se le conoce como bloqueo por potencia.

Este indicador, expresado en porcentaje, se calcula a través de las ecuaciones [9] y [10], correspondientes a los casos del enlace de bajada y subida.

$$\text{Bloqueo de Potencia en } \underset{\text{Forward}}{\text{Forward}} (\%) = \frac{\text{Total de llamadas negadas por control de potencia en } \textit{Forward}}{\text{Total de llamadas asignadas a un canal de tráfico} + \text{Total de llamadas negadas por control de potencia en } \textit{Forward}} \times 100\% \quad [9]$$

$$\text{Bloqueo por Sobrecarga en } \underset{\text{Forward}}{\text{Forward}} (\%) = \frac{\text{Total de llamadas negadas por control de sobrecarga en } \textit{Forward}}{\text{Total de llamadas asignadas a un canal de tráfico} + \text{Total de llamadas negadas por control de sobrecarga en } \textit{Forward}} \times 100\% \quad [10]$$

### 2.3.8 Bloqueo por Sobrecarga

El bloqueo por sobrecarga es una medida de la cantidad de peticiones de servicio que son negadas debido a situaciones de sobrecarga en una estación base. Este indicador,

expresado en porcentaje, se calcula a través de las ecuaciones [11] y [12], correspondientes a los casos del enlace de bajada y subida.

$$\text{Bloqueo por Sobrecarga en Forward (\%)} = \frac{\text{Total de llamadas negadas por control de sobrecarga en Forward}}{\text{Total llamadas asignadas a un canal de tráfico} + \text{Total de llamadas negadas por control de sobrecarga en Forward}} \times 100\% \quad [11]$$

$$\text{Bloqueo por Sobrecarga en Reverse (\%)} = \frac{\text{Total de llamadas negadas por control de sobrecarga en Reverse}}{\text{Total llamadas asignadas a un canal de tráfico} + \text{Total de llamadas negadas por control de sobrecarga en Reverse}} \times 100\% \quad [12]$$

### 2.3.9 Indicadores de Handoff

Entre los indicadores de *handoff* se encuentran: Fallas en *handoff* por vecinos no asignados y el porcentaje de *handoff* s exitosos. A continuación una explicación de ambos.

- Fallas en *Handoff* s por Pilotos Vecinos no Declarados (UNL)

Para que un móvil realice las peticiones de *handoff* s requeridas, este posee una lista de los pilotos vecinos con los que, potencialmente, puede ejecutar un *handoff* . Un UNL es una medida de la cantidad de veces que un móvil solicita un *handoff* y este no es otorgado debido a que el piloto solicitado no está incluido en la lista de vecinos de la estación base que se encuentra manejando el procesamiento de dicha llamada. Este indicador, expresado en porcentaje, se calcula a través de la ecuación [13].

$$\% \text{ Fallas por UNL} = \frac{\text{Total de Fallas por UNL}}{\text{Total de Peticiones de Soft/Softer Handoff}} \times 100\% \quad [13]$$

- Porcentaje de Handoff s Exitosos:

Esta métrica indica una medida de la cantidad de *handoffs* que son completados exitosamente. Este indicador, expresado en porcentaje, se calcula a través de la ecuación 14.

$$\% \text{ de Handoffs Exitosos} = \frac{\text{Total de Handoffs Exitosos}}{\text{Total de Handoffs Solicitados}} \times 100\% \quad [14]$$

## 2.4 Optimización de Radio Frecuencias

Las redes de telefonía celulares no son tan estáticas como se podría pensar, todo lo contrario son redes muy dinámicas que responden al comportamiento de los usuarios el cual varia en función del tiempo, época del año y eventos que puedan ocurrir. Este dinamismo en el comportamiento de los usuarios hace necesario que la red celular también lo posea y es allí donde entra la Optimización de RF.

Es así como la Optimización de RF se hace crítica para la salud de la red, ya que con ella se busca mantener los niveles de desempeño superando de ser posible las metas establecidas, para los indicadores del desempeño fueron descritos en la sección 2.2 de este capítulo.

El éxito de todo proveedor de telefonía móvil radica en como satisface a los usuarios ofreciéndoles niveles e servicio que cubran o superen sus expectativas, en harás de alcanzar esto, es necesario que las redes sean objeto de mejoras y por el dinamismo ya comentado para el caso de telefonía móvil es requerido un mejoramiento continuo.

Este mejoramiento se enmarca dentro de un ciclo conformado por tres procesos fundamentales que se muestran en la figura 8 y son implementación, medición y análisis.

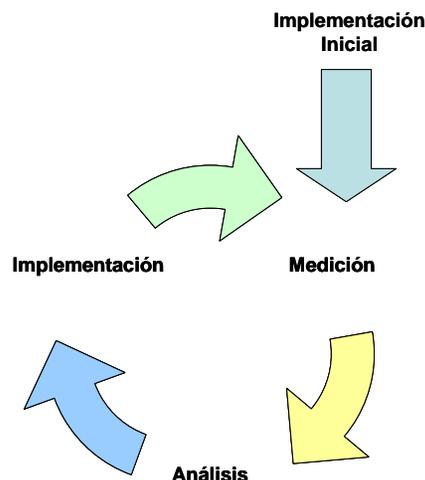


Figura 8. Modelo d para la optimización de redes celulares

### **2.4.1 Implementación Inicial**

La implementación inicial es la etapa donde se determina como una red o elemento de ella debe ser instalado. Esencialmente este proceso involucra información relativa al propósito o intención de la nueva red o elemento así como cálculos preliminares de su impacto sobre lo ya existente.

### **2.4.2 Implementación**

La implementación es un proceso realizado normalmente por diferentes áreas, que en el caso de una red ya existente depende fundamentalmente de la naturaleza de la tarea a ejecutar, sin embargo ya sea una red nueva o existente la responsabilidad por el desempeño de la misma corre por cuenta del equipo de Optimización de RF.

Es común que el área de Optimización de RF no solo identifique y resuelva problemas relacionados a esta área sino también muchos de los que no son responsables directos, como en el caso de detectar gracias a los sistemas estadísticos o de desempeño de la red anomalías causadas por defectos o fallas en componentes del hardware de los equipos instalados.

Con esto en mente, a continuación se presenta una lista de los tópicos más comunes que la unidad de Optimización de RF deberá manejar a fin de detectar y solventar problemas:

- Principios de Ingeniería de Sitio
- Técnicas para la instalación de Hardware
- Conocimientos teóricos y prácticos de antenas
- Principios de cobertura y capacidad
- Descripción de parámetros y mejores prácticas
- Procesamiento de llamadas
- Flujo de handoff

Todas las redes y sus elementos son implementadas usando una configuración inicial estándar basada en recomendaciones, y es a través de una serie de mediciones prácticas que se realicen los ajustes necesarios para su óptimo funcionamiento. Estas mediciones prácticas son las mismas usadas para la medición del desempeño de las redes ya instaladas.

### **2.4.3 Medición**

La medición es el proceso que se lleva a cabo a fin de evaluar el desempeño del sistema, existen varios tipos de métodos que pueden ser usados para medir este desempeño de la red y se agrupan en las siguientes tipos:

- Pruebas de RF
- Datos estadísticos

#### **Pruebas de RF**

El propósito de las pruebas de RF consiste en verificar y/o ajustar parámetros a nivel de sistema y/o celda a fin de mejorar el desempeño de la red. El drive test es el método más comúnmente utilizado para realizar este proceso de pruebas. A través de las pruebas realizadas se recolectan indicadores para los siguientes puntos:

- Verificación de predicciones relacionadas a cobertura e interferencia
- Mediciones del nivel actual de señal a lo largo de vías principales y otras áreas de interés
- Verificación de los patrones de radiación de antenas instaladas
- Verificación de eficiencia de handoff
- Verificación de la correcta orientación de las estaciones a fin de cubrir los objetivos de tráfico

#### **Datos estadísticos:**

Los datos estadísticos son generados principalmente en las centrales telefónicas, aunque también puede provenir de las estaciones radiobases e incluso de los equipos móviles

---

(celulares). Esto es gracias a la capacidad que posee la central y las estaciones radiobases para coleccionar información a través de contadores, sobre los cuales se pueden aplicar ecuaciones a fin de obtener las métricas de desempeño de la red. Estos contadores normalmente son totalizados en períodos fijos de tiempo, donde normalmente lo estipulado es una hora.

#### **2.4.4 Análisis**

El análisis consiste en determinar y mejorar los niveles de desempeño de la red. De descubrirse anomalías o desmejoras durante el análisis, el equipo de Optimización de RF está en la capacidad de usar la información recolectada en las mediciones estadísticas y/o pruebas a fin de aislar e identificar el origen del problema.

Una vez realizado el análisis, debe planificarse las estrategias a seguir a fin de producir las mejoras requeridas sobre el desempeño de la red. Este plan debe ser basado sobre un riguroso estudio de estadísticas, pruebas y fallas reportadas. El alcance de este plan puede ser a nivel de la red, una celda en específico o combinaciones de ambas.

Es esta fase del proceso de Optimización de RF la que da origen a los proyectos de optimización de hardware de RF cuando así es requerido para solventar alguna desmejora identificada.

## **CAPÍTULO 3. MARCO ORGANIZACIONAL**

### **3.1 *Historia de la Organización***

En 1992 nace Movilnet como empresa filial de Cantv, dedicada a prestar servicios de telefonía móvil en Venezuela. Su sólida plataforma tecnológica y su cultura corporativa orientada a satisfacer las necesidades de los clientes, le han permitido convertirse en la empresa pionera del país en servicios móviles de comunicación personal con tecnología digital de punta.

Esta ventaja competitiva ha facilitado el desarrollo de una gama de productos y servicios exclusivos, altamente innovadores, que han contribuido a elevar la calidad de vida de los venezolanos.

Desde que fue constituida, Movilnet ha confiado en la potencialidad de desarrollo del sector de las comunicaciones inalámbricas en el país, razón por la cual ha realizado importantes inversiones, logrando un liderazgo en cobertura nacional; así como en servicios de comunicación personal, entre ellos el acceso a banda ancha inalámbrica.

Actualmente, en el año 2007, Movilnet inicia su proyecto de migración a una plataforma GSM, cambio importante y notable para la prestación de nuevos e innovadores servicios.

Las constantes inversiones realizadas por Movilnet han asegurado ingresos que permiten el óptimo retorno de las mismas; así como también asegurar un sólido flujo de caja; cuyo impacto positivo se extiende a toda la Corporación Cantv y, por ende, a la cartera de clientes de la operadora.

- **Misión**

Mejorar la calidad de vida de la gente en Venezuela al proveer soluciones de comunicaciones que excedan las expectativas de nuestros clientes

---

- Visión

Ser el proveedor preferido de servicios integrales de comunicación de Venezuela y satisfacer plenamente las necesidades específicas de nuestros clientes, siempre bajo exigentes patrones de ética y calidad

### 3.2 Estructura Organizativa

A continuación, en la Figura 9, se muestra la estructura organizativa dentro de la Vicepresidencia de Operaciones de Movilnet.

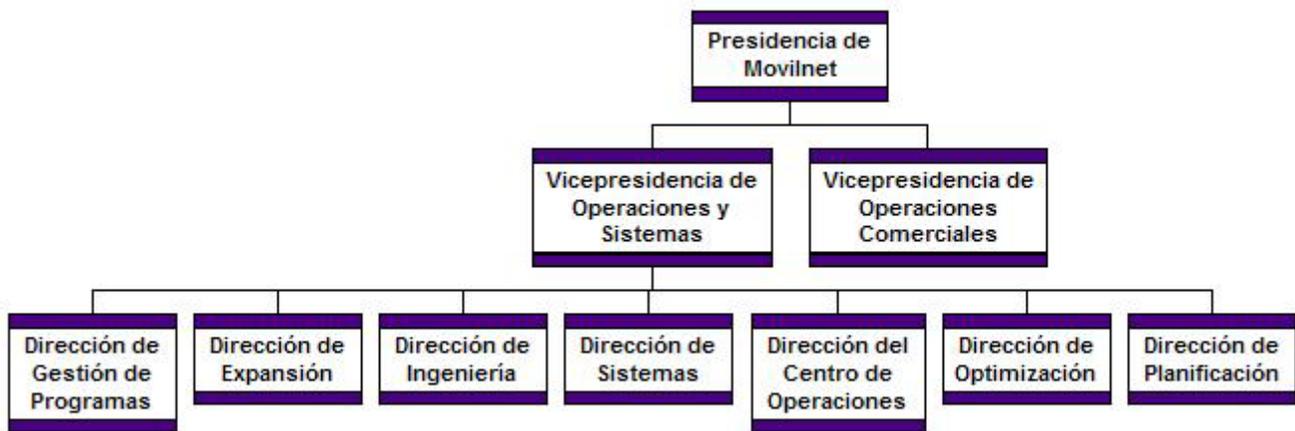


Figura 9. Organigrama de Movilnet

En los proyectos de Optimización de RF interactúan cuatro gerencias pertenecientes a las direcciones de Optimización, Expansión e Ingeniería, como se muestra en la Figura 10.

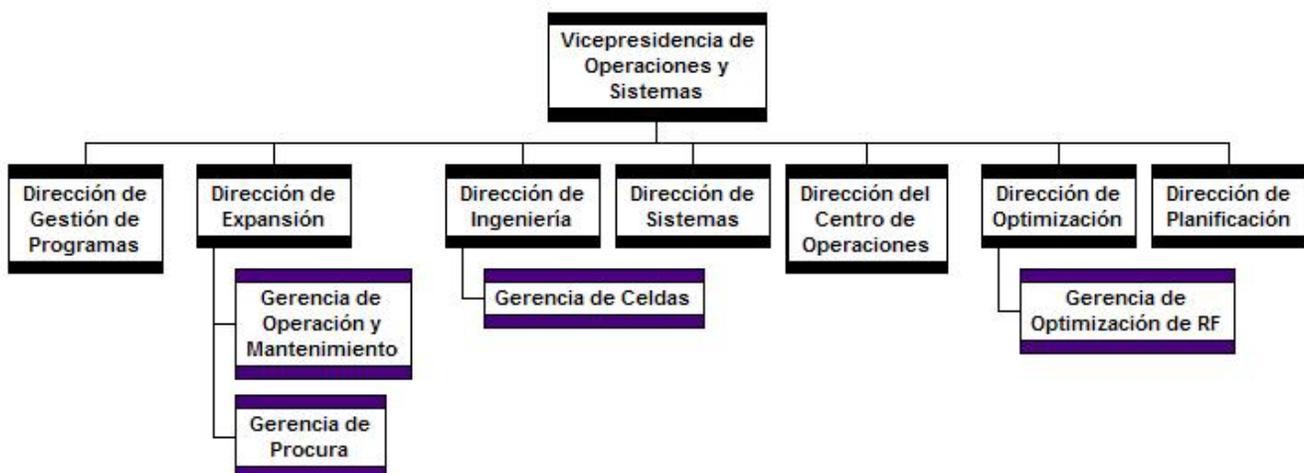


Figura 10. Gerencias involucradas en Proyectos de Optimización de RF

Estas gerencias realizan las siguientes actividades dentro la vida del proyecto:

Gerencia de Optimización de RF: Esta unidad es la responsable del desempeño de la interfaz de aire de la red celular, son los promotores de este tipo de proyectos y su participación se extiende a casi todas las fase de este. En la fase de Visualización y Conceptualización realizan todas las actividades establecidas y se apoyan en las gerencias de Procura y Celdas para la Definición del proyecto y una vez realizada ésta se apoya en Operación y Mantenimiento para la Implementación de la misma.

Es así como la Gerencia de Optimización de RF es quien realiza el monitoreo constante de los indicadores de *performance* de la red, es quien detecta las anomalías y desmejoras, siendo estas últimas las generadoras por excelencia de los proyectos de optimización. Está área es también la única en participar en todas las fases del proyecto.

Las siguiente Gerencia en participar es la de Celdas, esta unidad se encarga de la asignación de los equipos y materiales necesarios para la optimización, en función a la disponibilidad y requerimientos de las diferentes áreas así como también tramita ante la Gerencia de Procura la compra de estos materiales en caso de ser necesario.

Estas unidades son claves a la hora de realizar la definición del proyecto ya que es necesario saber con que materiales se cuenta antes de realizar la definición del proyecto, esto reduce tiempos y cambios al proyecto, permitiendo realizarlo de una manera más eficiente.

La última unidad en intervenir es la Gerencia de Operación y Mantenimiento, esta Gerencia recibe los proyectos una vez definidos y es la responsable de su correcta implementación

## CAPÍTULO 4. DESARROLLO

### 4.1 *Análisis del Proceso de Optimización de Hardware de RF llevado a cabo por Movilnet desde la Perspectiva del Ciclo de Vida de un Proyecto*

A continuación se procederá a analizar las actividades realizadas actualmente por Movilnet para la ejecución de los Proyectos de Optimización de Hardware de RF para de esta manera lograr clasificarlas dentro de las distintas fase que conforman el ciclo de vida de un proyecto, con esto lograremos adaptar todo a una estructura formal de proyectos así como alcanzar el primer objetivo específico planteado para este trabajo.

Los Proyectos de Optimización de RF nacen de la necesidad de realizar algún cambio en la red celular buscando producir mejoras significativas en la calidad del servicio, es así como su origen es impulsado por un proceso de monitoreo continuo de los indicadores de desempeño de la red celular (o KPI por sus siglas en inglés), el cual detecta anomalías y/o desmejoras en el servicio.

La Figura 11, muestra los dos grandes bloques que conforman los procesos relacionados con los Proyectos en estudio.

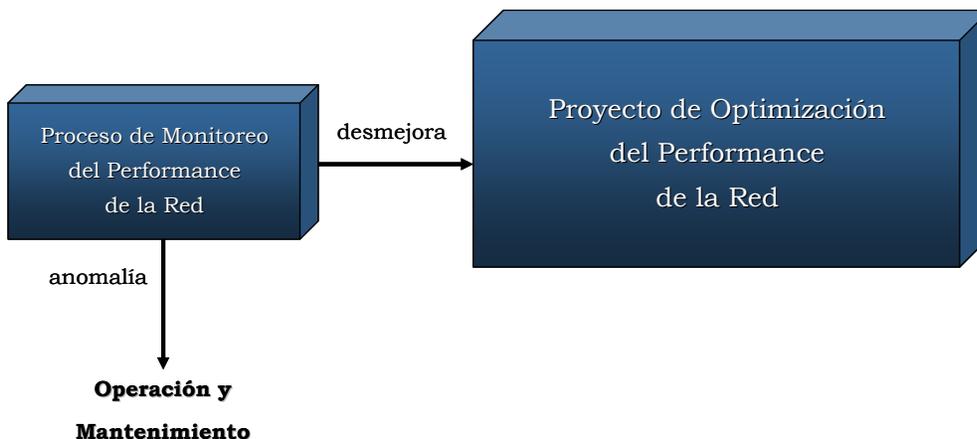


Figura 11. Bloques de procesos relacionados con los proyectos de optimización de RF

La primera de ellas, las anomalías, son cambios bruscos en el desempeño de la red, que pueden ser atribuidos a fallas a nivel de hardware de los equipos instalados y las cuales se manejan como tal, por lo que son resueltas dentro de los procesos de operación y mantenimiento de la red.

Por su parte, las desmejoras son producto de cambios en los patrones de comportamiento de los usuarios (nuevos sitios de concentración como centros comerciales, nuevas urbanizaciones, nuevos edificios de oficina, etc.) y/o la instalación y puesta en servicios de nuevas estaciones radio bases para cubrir requerimientos de capacidad. En ambos casos, es necesario realizar una exhaustiva reconfiguración de las estaciones involucradas. Siendo este último caso, el disparador por excelencia de los Proyectos de Optimización de RF.

Una vez determinada esta necesidad se da inicio a las distintas fases que conforman el proyecto. En la actualidad, estos proyectos están constituidos de manera general por las actividades que se indican en la Figura 12. Aquí se aprecia, además de las actividades a realizar, la secuencia que existe entre ellas.

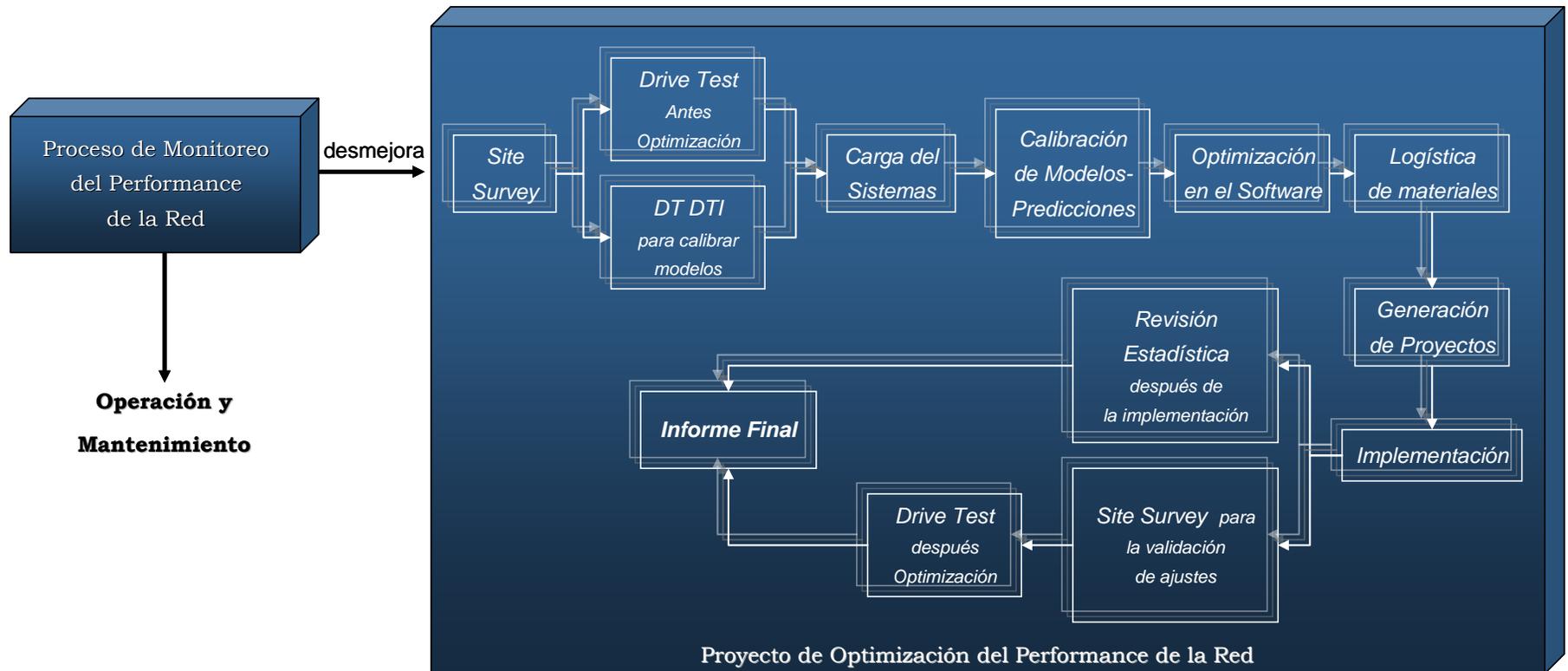


Figura 12. Actividades de los proyectos de optimización de RF

Por otra parte, el enfoque moderno del ciclo de vida de un proyecto según Briceño (2005) podría plantearse como se muestra en la Figura 13. Se pueden apreciar cuatro fases relacionadas entre sí de manera secuencial, las cuales son: Visualización, Conceptualización, Definición y Ejecución. Las tres primeras implican un gran análisis por parte del equipo de proyectos a fin de determinar la mejor manera de llevar a cabo el logro del objetivo. Una vez definido y delimitado el alcance y la estrategia de trabajo, se pasa a la fase de Ejecución, donde se procede a la implantación de la solución requerida.



Desarrollaremos entonces cada una de estas fases así como las actividades que las conforman a fin de describir los Proyectos de Optimización de Hardware de RF desde el punto de vista del ciclo de vida de los proyectos.

#### 4.1.1 Visualización

La Visualización, como la primera etapa en el ciclo de vida de los proyectos, es donde se recolecta la información necesaria a fin de reducir lo más posible la incertidumbre, permitiendo así realizar una planificación y por ende una definición más realista. Se puede apreciar de manera gráfica en la Figura 15. Las actividades de los Proyectos en estudio dentro de esta etapa son las siguientes:

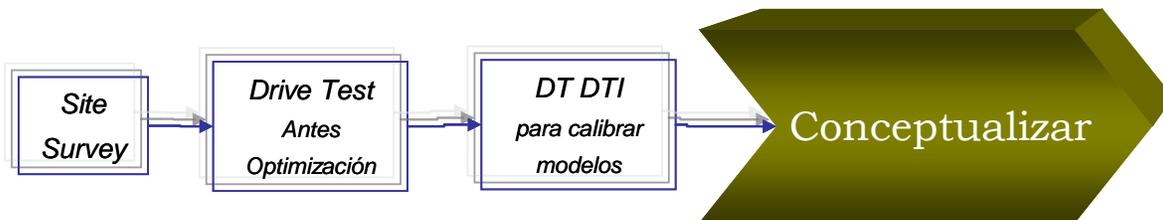


Figura 15. Actividades propias de la Visualización

#### Informe Inicial

Aunque no se encuentra dentro de la etapa de visualización, es el evento del cual se desencadena el proyecto de optimización de hardware de RF, ya que da a conocer las necesidades o deficiencias existentes en la red que deben ser resueltas mediante la ejecución de un proyecto de este tipo.

El objetivo de esta fase es identificar la aparición o existencia de algún problema sobre la interfaz de aire o RF. Para esto se identifican la estación o las estaciones con bajo desempeño basados en algunos de los indicadores de diseño, entre los más comunes tenemos:

- a. *Ineffective Attempts* elevados (> 2%)
- b. *Drop Calls* elevados (> 2 %)
- c. Tráfico Secundario elevado (> 30%)

- a.  $E_c/I_0$  degradado ( $< -13$  dB)

Ésta es la fase más importante del proceso de optimización. Aquí se define el punto de inicio y la necesidad de la optimización en función de las celdas seleccionadas bajo el criterio de escogencia.

### **Site Survey**

En esta etapa se traslada el equipo de trabajo a cada uno de los sitios que interactúan en la optimización. Con ésto se persiguen dos objetivos fundamentales:

1. Familiarizar al equipo que trabajará en la definición de la optimización, con la morfología del terreno y las características principales de la zona a optimizar.
2. Levantar en campo toda la información referente a la configuración del hardware de antena y la ubicación de las estaciones radiobases. En la inspección se debe recopilar la siguiente información:
  - Altura de las antenas en la torre
  - Orientación magnética de las antenas (Azimuth)
  - Modelo de las antenas
  - Inclinação mecánica de las antenas (tilt)
  - Coordenadas de las estaciones

Así mismo se debe realizar un levantamiento fotográfico del sitio, a fin de registrar las vistas del mercado desde la ubicación de las antenas. El registro de fotografías es de gran ayuda en la evaluación de las propuestas de optimización presentadas por la herramienta de *software* que se utilice para realizar la optimización.

### ***Drive Test* previo a la optimización**

Con este trabajo se persigue la obtención de mediciones de campo, que permitan tener una referencia concreta y real de las condiciones de la interfaz de radio antes de la optimización, así como un patrón de comparación en conjunto con los indicadores estadísticos que permita determinar las mejoras y/o desmejoras resultantes a nivel de RF luego de la ejecución de los ajustes logrados en la ejecución del proyecto. Es recomendable realizar estas mediciones durante las horas del día, ya que en este período se presenta mayor carga (tráfico) sobre la red permitiendo elaborar un modelo más cercano a la percepción del usuario común.

Se deben ejecutar dos llamadas, una de corta duración (por ejemplo 60 seg) para verificar la eficiencia de los accesos sobre la interfaz de radio y otra de larga duración, con el objeto de medir el nivel de continuidad de la llamada dentro de la red.

### ***Drive Test* para la calibración de modelos**

Consiste en la realización de pruebas o mediciones de campo, similares a las descritas anteriormente, sólo que éstas se realizan en horas de muy bajo tráfico (madrugadas, fines de semana, etc.) y con un scanner en lugar de teléfonos. En la Figura 16 (siguiente página) podemos apreciar un ejemplo de la data recolectada en esta medición.

La necesidad de ejecutar el *Drive Test* para la calibración de modelos surge de las características intrínsecas de la tecnología CDMA, relacionadas con el ruido radioeléctrico generado por los móviles, es en estas condiciones cuando la celda muestra su verdadero radio de cobertura. Esto es necesario para realizar el ajuste de los modelos de propagación que serán usados por las herramientas de optimización (*software*) y que será una de las entradas en la fase de definición del proyecto.

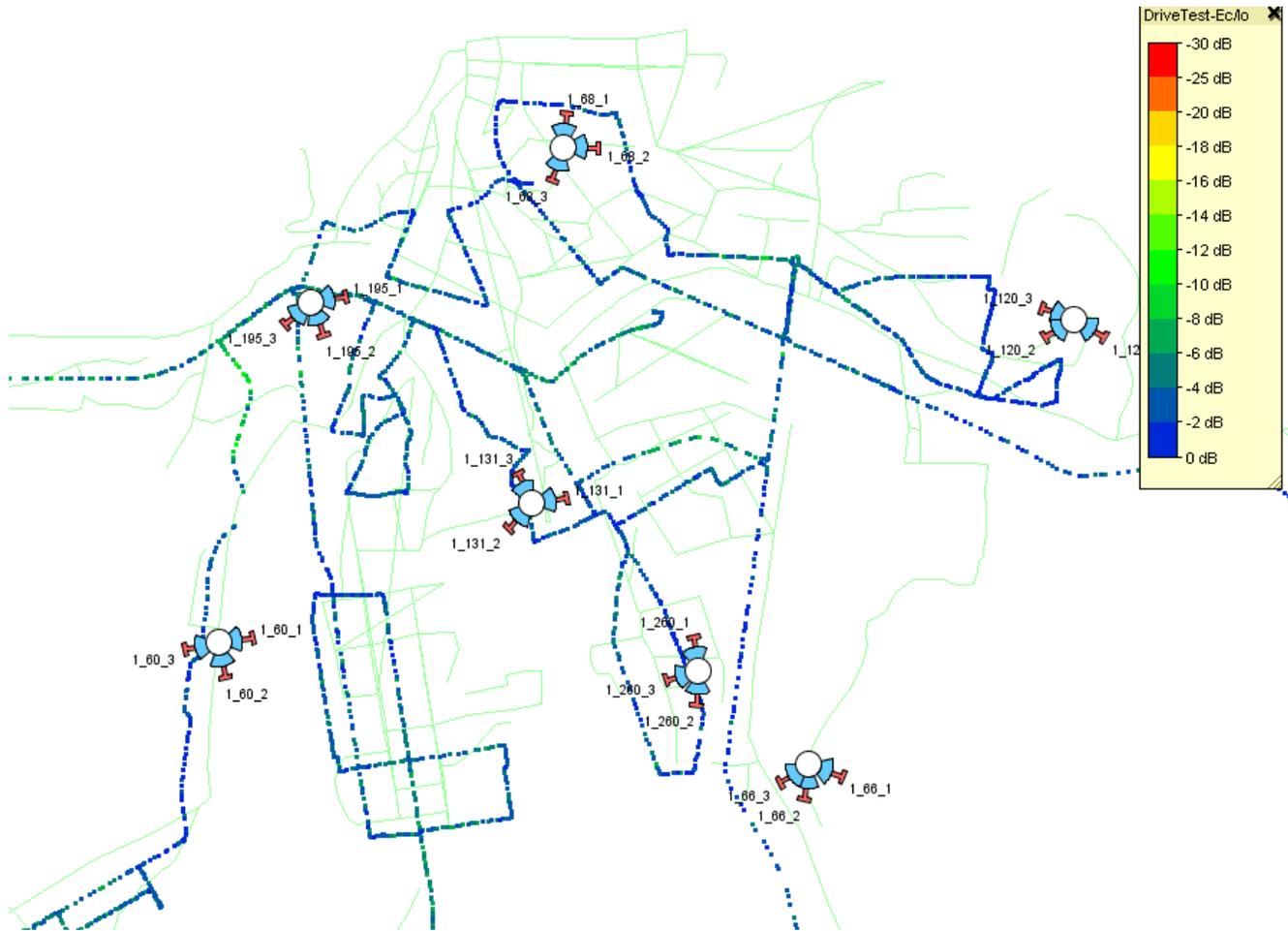


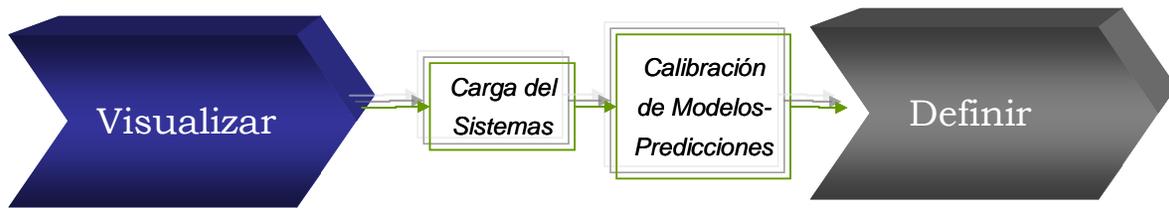
Figura 16. Ejemplo de drive test para la calibración de modelos

### 4.1.2 Conceptualización

En esta fase del proyecto las actividades se enfocan a la determinación de los problemas existente así como sus posibles causas, es en esta fase cuando se levanta una imagen de la situación de la red luego de consolidar la información colectada en la etapa de visualización, se procede a detectar los problemas existentes en la red así como sus causas.

También se analizan los diferentes escenarios para su solución y se presentan las posibles alternativas, tomando en cuenta los recursos disponibles para tal fin (disponibilidad de equipos y materiales).

Las actividades que conforman esta fase se desglosan en la Figura 17.



## **Generación de Optimizaciones**

Consiste en realizar simulaciones con los cambios propuestos y validarlos para determinar las configuraciones finales que se deben aplicar a las estaciones radiobases. Esta fase es una de las más técnicas del proyecto, es donde los Ingenieros de RF, con ayuda de paquetes de computación especializados, determinan las configuraciones a implantar y generan un estimado de su impacto sobre los indicadores de desempeño de la red.

Es por esto que se hace necesario trabajar en reducir la incertidumbre, para que los resultados obtenidos modelen lo más cercano posible a la realidad permitiendo así determinar la magnitud del alcance requerido para el proyecto.

## **Logística de Materiales**

En esta etapa del proyecto, una vez definidos los cambios a realizar, se debe trabajar en la procura de los equipos, materiales o *softwares* requeridos para implementar la solución obtenida.

En aquí donde se deben efectuar todos los trámites relacionados con la reserva en almacén o procura de los materiales (antenas) necesarios para efectuar las optimizaciones de RF definida.

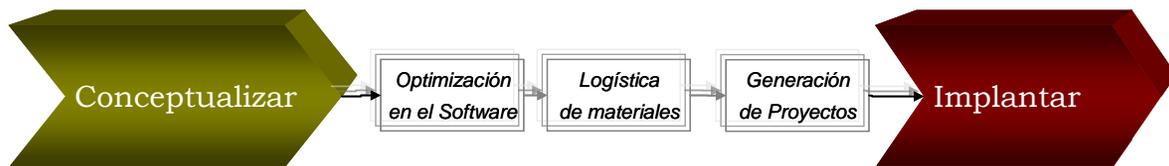
Básicamente, se deben determinar la cantidad y el modelo de antenas a utilizar en el proyecto. Para tener un control interno de los materiales usados, se recomienda hacer un listado resumen en donde se refleje el modelo y cantidad de antenas incorporadas y desincorporadas del sistema.

### **4.1.3 Definición**

La Definición del proyecto consiste en tomar como entradas las salidas de la fase de Conceptualización, realizar un análisis a fin de reducir lo más posible la incertidumbre del proceso y generar una definición del alcance del problema lo más cercana a la realidad que

se pueda, de este proceso de análisis depende en gran medida el éxito o fracaso del proyecto ya que de aquí se va a la fase de implementación, la cual a pesar de no ser la más larga para este tipo de proyectos es donde el costo del cambio es mayor.

En los proyectos de optimización de RF las actividades relacionadas con esta fase se explican a continuación y son mostradas en la figura 17.



- Dirección / Ubicación

### *c. Información Técnica del Proyecto*

- Características del Proyecto: En este punto se da una descripción general del proyecto ejecutarse; por ejemplo se podría puntualizar cuales son los sectores involucrados en el ajuste y el objetivo principal de la optimización de la RBS.
- Características Técnicas: En este apartado, se debe detallar de la manera más explícita, todos y cada uno de los cambios a ejecutarse. Se debe describir en cada sector cuales son los ajustes que se van a efectuar; por ejemplo cambiar en determinados grados el azimuth y el tilt y/o reemplazar una antena del modelo “X” por otra del modelo “Y” a una altura y determinada. En este punto resulta conveniente dejar claro si se necesitan accesorios adicionales para ejecutar la optimización; por ejemplo nuevos soportes, H-Móviles, Guía de Onda etc. Este apartado es de suma importancia ya que aquí se define la esencia del proyecto.
- Observaciones Generales: Se coloca cualquier información adicional considerada de interés o impacto para la ejecución de la optimización.
- Anexos: Usualmente en este punto se colocan fotos ilustrativas que faciliten la comprensión de los objetivos de los ajustes a realizar.

Un ejemplo del formato usado para este informe se incluye en el Anexo A, de este se omitieron algunos detalles por ser confidenciales para la empresa pero sin que se pierda la esencia del mismo.

#### **4.1.4 Implementación**

En este punto del proyecto se realiza el despliegue de lo planificado en la definición con la finalidad de lograr el alcance establecido, aunque los trabajos realizados en esta etapa son los que le dan vida al proyecto por ser donde se pone en marcha lo planificado, mucha de la ejecución corre por cuenta de otras áreas dentro de la empresa y sobre las cuales no hay

control directo, por lo que la supervisión sobre los cambios realizados es fundamental para garantizar su correcta ejecución. Las actividades relacionadas con esta fase se muestran en la figura 18.

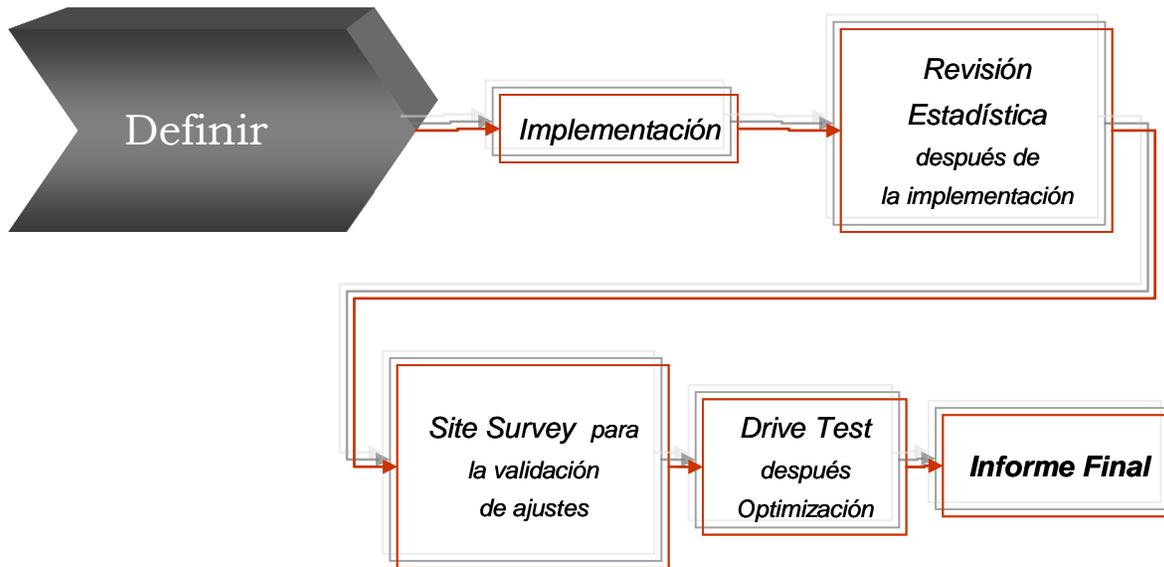


Figura 18. Actividades relacionadas con la fase de Implementación

Luego de realizado los cambios es necesario realizar una verificación de la correcta implantación de los mismos, así como verificar el cumplimiento de los objetivos trazados en cuanto a las mejoras en el desempeño que estos acarrearían, todo esto se realiza dentro de las siguientes fases que se describen a continuación:

### **Implementación de los Cambios**

La ejecución del proyecto es responsabilidad de la Gerencia de Operación y Mantenimiento de la Red, aquí se deben implementar los cambios tal y como fueron definidos en la etapa de conceptualización del proyecto, ya que como se mencionó esta etapa es crítica para el cumplimiento del alcance establecido para el proyecto.

Es importante acotar que estos cambios impactarán sobre los indicadores de desempeño de manera inversamente proporcional a la incertidumbre existente para el momento de la

definición y aunque la implementación correcta es clave para el cumplimiento de los objetivos lo son más (y como era de esperarse) las tres etapas que preceden a la ejecución.

### **Site Survey para la Validación de Ajustes**

Una vez finalizada la ejecución de los proyectos es de suma importancia realizar una segunda visita a las celdas involucradas en el ajuste. Esto con el fin de verificar que los cambios solicitados (*Azimuth*, Antena, Tilt, etc.) para las estaciones se hayan realizado según lo pautado.

En caso de encontrarse discrepancias entre lo planificado y lo ejecutado es necesario solicitar el respectivo cambio o corrección ante el personal de Operación y Mantenimiento a fin de no causar distorsión sobre el diseño enviado para la red.

Estas discrepancias no se puede dejar pasar debido a que las estaciones radiobases en una red celular se comportan como engranajes, donde de no ser ajustada algún de las celdas con la precisión y parámetros requeridos se corre el riesgo de que afecte negativamente el desempeño de las estaciones vecinas, y por ende el desempeño de la red en general lo que nos alejaría significativamente del alcance definido para el proyecto.

### **Drive Test Post Implementación**

Luego de realizar la validación de los ajustes efectuados, siguiendo lo descrito en el punto anterior, el próximo paso es constatar en campo las condiciones del sistema de RF luego de finalizada la optimización. Para ejecutar esta prueba se recomienda:

- Diseñar la ruta para el recorrido de la manera más similar posible al *Drive Test* Preimplementación, de esta manera, se logrará efectuar una buena comparación de las condiciones de RF antes y después de la optimización mediante las aplicaciones para post-procesamientos de Drive Test disponibles.

- En la medida de lo posible, tratar de utilizar el mismo equipo de hardware (antenas, teléfonos, cables, etc.) de Drive Test utilizado en la medición inicial a fin de reducir el error en el que ya de por sí se incurre en este tipo de mediciones de campo
- Configurar las mismas mediciones y con los mismos parámetros usados en el *Drive Test* Preimplementación.
- Hacer énfasis en las zonas donde se habían detectado problemas antes de la optimización.
- Verificar el servicio en las principales zonas de interés (centros comerciales, avenidas principales, zonas residenciales, etc.)

### ***Informe Final***

En esta fase se da el cierre del proyecto a través de la aceptación de los resultados obtenidos, como ha de esperarse estos resultados deberían cumplir con el alcance establecido en la definición del proyecto y que no es más que obtener la mejora esperada en el desempeño de la red celular.

Para verificar este logro del objetivo del proyecto nos basamos principalmente en la inspección de cuatro entregables, los cuales consideramos nos dan una visualización bastante precisa de las condiciones antes y después de la optimización de la red. Estos entregables son:

1. Mapas de cobertura y calidad utilizando el *software* de simulación y optimización
2. Configuración de las estaciones radiobases
3. Estadísticas de los principales indicadores de *performance* de RF.
4. *Drive test* post implementación.

Inspeccionando estos tres entregables conseguidos en distintos momentos y contrastándolos con los obtenidos al inicio del proyecto podemos verificar que tanto mejoró o no el desempeño de la red con los ajustes realizados, de esta inspección estaremos profundizando más adelante en la sección 4.3.

Una vez aceptados los entregables y verificado el alcance se procede a realizar un informe de cierre del proyecto donde se plasmen los resultados obtenidos así como también lecciones aprendidas y toda información que haya sido utilizada para reducir la incertidumbre a la hora de la definición. De esta manera, quedará un registro de lo realizado que puede ser usado como referencia a futuros proyectos y sirven de memoria de cambios a la red.

## ***4.2 Verificación del alcance realizada usualmente en los Proyectos de Optimización de Hardware de RF***

Una vez conocido las actividades establecidas en los proyectos de optimización de hardware de RF, desarrollaremos los procesos que se llevan a cabo para la verificación del alcance planteado. En esta sección discutiremos solamente los entregables referentes al fin último del proyecto el cual como se sabe es la mejora del desempeño de la red, y aunque existen entregables por cada etapa del proyecto estos nos los tocaremos en el presente trabajo ya que van de manera implícita en los cuatro entregables que trataremos.

Es así, como nos enfocaremos, en los cuatro puntos de inspección descritos en la sección 4.2.4 cuando tratamos sobre el cierre del proyecto (informe final) y que son los siguientes:

### ***4.2.1 Mapas de cobertura y calidad utilizando el software de simulación y optimización***

Una vez realizada la carga del sistema como se detallo en la sección 4.2.2; se procede a la generación principalmente de huellas de Ec/Io y FER con la configuración actual, cabe recordar que la precisión de estas huellas es proporcional al apego a la realidad que posean los modelos calibrados. Un ejemplo de lo que comentamos lo plasmamos en la figura 19.

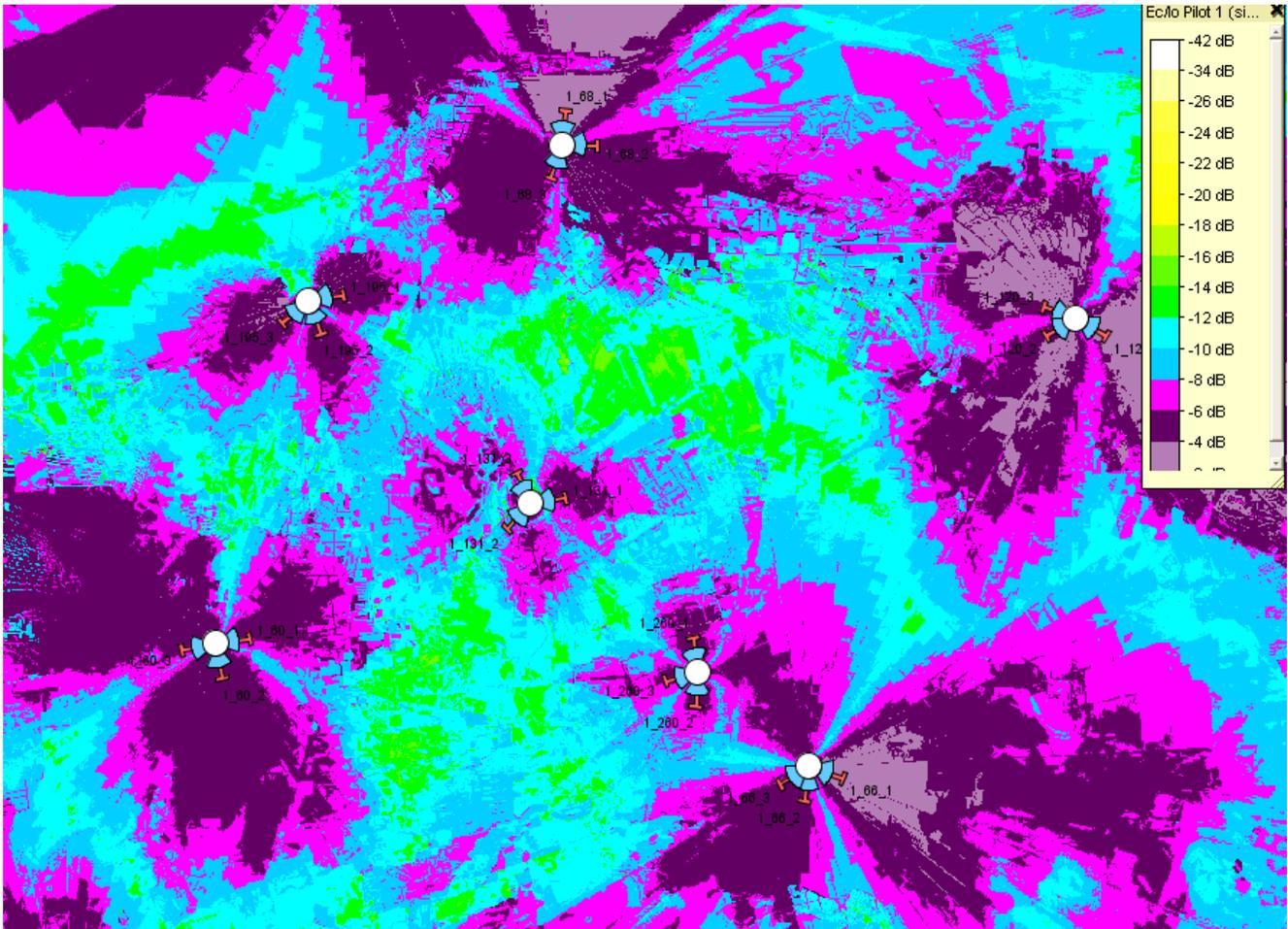


Figura 19. Ejemplo de huella de Ec/Io

Estas huellas nos dan una imagen de la condición de la red antes de la optimización y en ella se pueden detectar zonas con problemas que requieren ser mejoradas entre otras cosas, estos mapas serán tomados como una de las entradas para realizar la definición del proyecto.

Una vez obtenidos los cambios a aplicar se procede a implantarlos y generar nuevamente las huellas obtenidas para la configuración actual de la red, procediendo a compararlos a fin de verificar el cumplimiento de los objetivos establecidos, de ser esto afirmativo se acepta entonces este entregable y se procede a la generación de los proyectos de optimización con los cambios simulados.

En caso de que los resultados obtenidos no cumplan con el alcance, se rechaza el entregable y se procede a buscar una nueva configuración que cumpla con las condiciones establecidas.

Actualmente este proceso iterativo es realizado en muchas ocasiones por las mismas herramientas de simulación, donde gracias a algoritmos establecidos por los distintos fabricantes, el *software* busca la mejor solución en función a ciertos criterios definidos por el operador tales como tráfico secundario, aumento de cobertura, etc. Así mismo, la herramienta realiza automáticamente la comparación entre las huellas actuales y las propuestas permitiendo realizar fácilmente la verificación del cumplimiento de las metas planteadas en el proyecto.

No siempre es posible contar con herramientas de *software* de este tipo y de ser este el caso, el proceso se torna algo tedioso y complicado, debido al aumento en el error de apreciación por volverse la inspección más cualitativa que cuantitativa, pasando a basarse en la pericia y experiencia del Ingeniero que realiza la optimización y es responsable del proyecto.

#### **4.2.2 Configuración de estaciones radiobases**

Este proceso de verificación consiste en la inspección en campo de los cambios realizados a fin de garantizar que los mismos se hayan llevado a cabo tal y como se solicitó, este proceso es realizado por personal de la Gerencia de Optimización de RF por ser el área que patrocina el proyecto o en su defecto por personal de la Gerencia de Operación y Mantenimiento de la zona.

Hay ocasiones en que debido al alto volumen de trabajo por el que puedan estar pasando estas áreas, dificulta la posibilidad de trasladarse a campo a fin de realizar la inspección de los cambios, en estos casos la inspección se posterga a veces por largos periodos de tiempo o se realiza la aceptación a través de las fotos que toma la empresa contratada para la ejecución del trabajo realice.

En caso de detectarse alguna inconsistencia en las configuraciones de las estaciones respecto al proyecto, se procede a solicitar a la empresa contratista que realice las correcciones pertinentes a fin de solventar dicho error. Porque como se explico es necesario garantizar la correcta configuración de las estaciones de acuerdo al plan definido, ya que alguna variación podría causar desmejoras significativas en el desempeño de la celda y sus vecinas.

#### **4.2.3 Estadísticas de los principales indicadores de performance**

Las estadísticas del desempeño de la red, son la forma primordial y más fácil de monitorear el sistema, esto debido a que los equipos que conforman los distintos elementos de la plataforma celular tienen la capacidad de contar eventos durante periodos de tiempo fijos (normalmente una hora), sobre los cuales se pueden aplicar las ecuaciones indicadas en el capítulo 2 y así obtener los KPI.

Los contadores son tomados de los distintos equipos y centralizados en bases de datos para facilitar su manejo, lo que hace que sea sencillo, rápido y de manera remota el cálculo de los indicadores. Otra ventaja es que su disponibilidad es prácticamente inmediata ya que el retardo entre la generación del contador y su vaciado en tablas es máximo de dos horas.

La verificación de los KPI nos permite obtener una visión cuantitativa de que tanto fue el impacto de los cambios realizados sobre las prestaciones del servicio. Por su precisión pareciera ser el indicador por excelencia para determinar si se cumplieron o no los objetivos del proyecto, pero sucede que puede ser engañoso guiarse solamente por este indicador ya que se pudiera inconcientemente haber dejado sin servicio alguna de las áreas optimizadas y esto pudo haber repercutido positivamente en los indicadores por no contar ahora las fallas o deficiencias de calidad ocurridas en esas zonas.

Este tipo de casos a pesar de ser poco comunes es necesario verificar su no ocurrencia, por esta razón aunque los indicadores de desempeño son de gran utilidad, es necesario acompañarlos con mediciones de campo.

Esta inspección como se aprecia es sencilla de realizar y brinda valiosa información referente a los indicadores de calidad que al poder ser cuantificada nos permite tener la preescisión necesaria para determinar o no el cumplimiento del alcance propuesto, por lo que siempre se realiza dentro de los proyectos de Optimización de Hardware de RF, y al ser los responsables de su aceptación la unidad patrocinante del proyecto se tiene gran pericia y experiencia en el significado e impacto de todos y cada uno de los KPI.

#### **4.2.4 Drive test de las zonas optimizadas**

El *drive test* post implementación es el entregable del proceso con en el mismo nombre detallado en la sección 4.2.4; esta medición de campo se contrasta con la colectada en la etapa inicial del proyecto en el proceso de *drive test* preimplementación, a fin de constatar el cumplimiento de los objetivos planteados en cuanto a cobertura y calidad del servicio, pero en este caso plasmado sobre la geografía de la zona.

Aunque los indicadores estadísticos tratados en el punto anterior, nos ofrecen una visión en detalle de la calidad del sistema, es necesario también verificar geográficamente las condiciones del servicio en la red y así comprobar que se esta abarcando toda el área planteada en los objetivos de la optimización, así como que se estén presentando las condiciones de desempeño de la red descritas en el alcance del proyecto.

Aunque se pudiese pensar que es cualitativa la aceptación o no de este entregable no lo es, actualmente existen paquetes computacionales que permiten en caso de requerirlo realizar la comparación de los recorridos siempre y cuando se defina la misma ruta en ambos recorridos. Siendo este el caso se convierte en cuantitativa la verificación para la aceptación de los entregables.

En la actualidad estos *drive test* (tanto el pre como el post implementación) corren por cuenta de la Gerencia de Optimización de RF, quienes deben asignar recursos para su realización, pero debido a los fuertes picos de trabajo que viene presentando la unidad en muchas oportunidades se hace difícil coordinar su realización postergándola por largos periodos de tiempo.

En estos casos se monitorea la aparición de reclamos por calidad del servicio en las zonas optimizadas, y de detectarse la incidencia de quejas se procede entonces a la activación de los mecanismos necesarios para la verificación en campo de las fallas recibidas.

### **4.3 Verificación del alcance en los proyectos de optimización de hardware de RF según los parámetros del PMBOK**

A continuación desglosaremos el proceso de verificación del alcance en los proyectos de optimización de hardware de RF a fin de agruparlos según los elementos indicados por el PMBOK para el mismo, de esta manera esperamos tener una visión de lo que se abarca o no según los parámetros establecidos, así como también, estaremos dando cumplimiento al segundo objetivo específico planteado para el presente trabajo.

Es así como en lo sucesivo distribuiremos en entradas, herramientas y salidas los distintos elementos que conforman el actual proceso de verificación del alcance.

#### **4.3.1 Entradas**

Según lo establecido en el PMBOK las entradas de este proceso son cuatro y son las siguientes: Enunciado del Alcance, Diccionario de la EDT, Productos Entregables y El Plan de Gestión del Alcance. A continuación contrastaremos estas entradas con las existentes en los proyectos de optimización de hardware de RF.

##### **Enunciado del Alcance:**

Esta entrada corresponde a la definición clara y sin posibilidad de confusión del entregable o entregables principales del proyecto, en el caso de los proyectos de Optimización de Hardware de RF, el equivalente a esta información se plasma en el campo Características del Proyecto, descrito en la sección 4.1.3.

Aquí se realiza una descripción general del proyecto a ejecutarse, pero no establece un grado de delimitación y detalle mínimo para la exposición del mismo, por lo que queda a

juicio del profesional responsable del proyecto el grado de especificación a usar. Por esta razón es común encontrar enunciados normalmente de corte cualitativos más que cuantitativos, observando en muchos casos enunciados como por ejemplo: “reducir el tráfico secundario” o “mejorar la cobertura”.

### **Diccionario de la EDT:**

Como se sabe, el diccionario de la EDT busca describir las implicaciones de todas y cada una de las actividades definidas en la EDT así como de los entregables de cada una de ellas, a fin de permitir la evaluación del estado del proyecto durante su ejecución.

Actualmente el diccionario de la EDT de los proyectos de optimización de hardware de RF cuenta con el grado de descripción y detalle necesario para llevar el control de la ejecución del mismo, de hecho se han venido realizando esfuerzos por formalizar aún más esta entrada.

Todo este trabajo sobre el diccionario del EDT ha sido impulsado por la necesidad de coordinación entre las distintas áreas involucradas en el proyecto y la limitación en las responsabilidades de cada una de ellas. Con lo que se ha venido fortaleciendo este documento al punto de considerarlo adecuado para las necesidades del proyecto.

Un punto a tomar en cuenta es que este diccionario de EDT no siempre es del conocimiento de todas las áreas involucradas en el proyecto por lo que el efecto deseado y el fin de su existencia no siempre se garantizan.

### **Productos Entregables:**

Los productos entregables para los proyectos de optimización de hardware de RF están completamente definidos como se observó en la sección 4.1.4; así mismo en estos entregables se refleja sin duda el logro o no de los objetivos definidos para el proyecto.

Es necesario que los entregables sean evaluado todos y cada uno, ya que el impacto ocasionado por los proyectos de optimización sobre la red, se refleja en más de un indicador y es necesario garantizar los niveles de desempeño del sistema cada vez que se haga alguna modificación y más aún para verificara la eficiencia de los cambios y con esto el logro de los objetivos trazados.

### **Plan de Gestión del Alcance del Proyecto:**

Es importante tomar en consideración que el plan de gestión surge directamente de la metodología de proyectos implementada en la organización. Actualmente no se cuenta del todo con esta metodología para este tipo de proyectos, por lo que la etapa de definición del Plan de Gestión del Proyecto no se realiza siguiendo una estructura formal y en muchas ocasiones se improvisa.

El plan de Gestión del Alcance para los Proyectos de Optimización de Hardware de RF no escapa de esta situación, por lo que se realiza de forma empírica y acorde a la experticia y requerimientos del líder del proyecto sin seguir un patrón definido.

Esto se vera reflejado en una definición del alcance ambigua, lo que a su vez se reflejara en la falta de un criterio único para la aceptación de los entregables y por ende la satisfacción de los requerimientos que dieron origen al proyecto.

#### **4.3.2 Herramientas**

Para el caso del proceso de Verificación del Alcance, el PMBOK establece la inspección como única herramienta, es así como analizares como se efectúa esto en los proyectos de Optimización de Hardware de RF.

### **Inspección:**

La inspección se lleva a cabo verificando los indicadores de desempeño del sistema descritos en la sección 2.2; así como también se hace uso de predicciones y mediciones de campo (como drive test) a fin de verificar también huellas de cobertura y recorridos.

Este proceso de inspección es bien maduro dentro del área de RF por lo que su documentación es extensa, pero por motivos de confidencialidad no se plasma en el presente informe. Se basa principalmente en el uso de herramientas de software para la manipulación y proceso de los datos colectados, a fin de transformarlos en los indicadores de desempeño del sistema, luego procedemos a compararlos con lo establecido en el alcance del proyecto a fin de determinar el cumplimiento de los objetivos especificados.

Aunque existe bastante precisión en la determinación y comparación de estos indicadores, muchas veces no es aprovechado para realizar una delimitación cuantitativa en el alcance, sino que se recurre a alcances cualitativas que crean ambigüedad y quedan a la interpretación del personal que ejecuta el proyecto.

### **4.3.3 Salidas**

#### **Productos entregables aceptados:**

Los productos entregables como ya se dijo, se encuentran perfectamente definidos, pero es necesario solventar los múltiples criterios existentes a la hora de su aceptación, a causa del poco detalle dado a la definición del alcance en los proyectos de Optimización de hardware de RF.

Pese a las limitaciones existentes en el recurso humano disponible el cual no se da abasto para la gran cantidad de tareas realizadas por la unidad, es importante garantizar la inspección de todos los entregables para su aceptación, ya que la demora en esto trae consigo un retraso en la finalización del proyecto y más importante aún, no garantiza el nivel de calidad requerido para la prestación del servicio.

#### **Cambios solicitados:**

No existe formalmente un control de cambios solicitados en los proyectos de optimización de hardware de RF, ocurre normalmente que al aparecer la necesidad de realizar modificaciones en la planificación es imposible rechazarlo, ya que normalmente no son

cambios planteados sino cambios ya ejecutados por alguna otra unidad y más que una solicitud es de carácter informativo.

El responsable del proyecto debe entonces realizar las replanificaciones a las que haya lugar (ya sea de cronograma, alcance, etc.) a fin de que esto impacte lo menos posible los objetivos del proyecto.

Una vez realizados estos ajustes en la planificación son comunicados a las áreas interesadas, quedando como registro de los mismos el correo electrónico enviado. Este registro a pesar de no ser tan formal es una muy buena manera de documentar los cambios, permitiendo tener esta información a mano a la hora de ser necesaria ya sea para consultas o para realizar el cierre del proyecto.

### **Acciones correctivas recomendadas**

Las acciones correctivas se producen con la finalidad de solucionar las posibles desviaciones que pueda presentar el proyecto en cualquier momento de su vida. En el caso de los proyectos de optimización de hardware de RF podemos mencionar que se lleva a cabo mayormente en la última fase de la implementación, cuando es posible comenzar a tener información proveniente de estadísticas y mediciones de la nueva configuración.

Estos cambios normalmente se basan en un ajuste fino realizado a la configuración implementada, a fin de alcanzar los objetivos establecidos para el proyecto y se registran a través de los correos electrónicos intercambiados entre las distintas áreas involucradas en la ejecución del proyecto.

Estas acciones correctivas son generadas por la unidad de Optimización de RF quienes basados en lo observado en las mediciones colectadas para los entregables, definen nuevos ajustes a realizar en función a lo requerido para la consecución del alcance.

Normalmente como se ha observado el cronograma no se refleja en los objetivos del proyecto por lo que acciones correctivas sobre esto no son comunes, especialmente en las fases en que el proyecto es llevado por unidades ajenas a la de Optimización de RF.

## CAPITULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizado el estudio del proceso de verificación del alcance en los proyectos de optimización de hardware de RF y habiéndolo comparado con los parámetros establecidos por el PMBOK para tal proceso, podemos identificar los puntos de atención que se plasman a continuación. Esto con la finalidad de evaluarlos y realizar las recomendaciones pertinentes a fin de dar cumplimiento al tercer objetivo específico establecido para el presente trabajo.

### *5.1 Falta de una definición explícita del alcance de los proyectos de optimización de hardware RF:*

Es necesario delimitar de manera clara y precisa el alcance en los proyectos de optimización de hardware de RF, de manera que la interpretación no de lugar a duda o confusiones, así mismo, en la medida de lo posible es necesario que esta definición sea más cuantitativa que cualitativa, ya que de esta manera se garantiza la reducción al mínimo de cualquier ápice de sugestividad por parte del responsable del proyecto a la hora de realizar la aceptación o no de los entregables.

Esto permitirá enfocar de una manera más eficiente el esfuerzo y los recursos en aras de lograr los objetivos reales del proyecto, evitando el despilfarro o retrabajo innecesario, de esta manera se permitirán alinear a todas las áreas involucradas en el proyecto al logro del mismo objetivo.

Se apreció durante el trabajo la existencia de indicadores de desempeño para la red celular los cuales pueden funcionar perfectamente a la hora de establecer el alcance de los proyectos ya que son cuantificables e impactados directamente por los objetivos del proyecto.

---

### 5.2 *Buen nivel de detalle del diccionario de la EDT:*

La EDT presenta un buen nivel de detalle de las actividades del proyecto, esto permite delimitar las actividades de las distintas áreas que se abocan al proyecto evitando la intromisión entre ellas, así como definiendo de manera clara los entregables de cada una de ellas. Esto además de permitir tener un buen control sobre el estado del proyecto también permite evitar confusiones y malos entendidos entre las diferentes áreas involucradas.

Ahora bien esto es cien por ciento cierto en el caso de que exista el compromiso y el conocimiento de este diccionario de EDT por parte de todas las áreas involucradas en el proyecto y no sólo por la unidad generadora del mismo, como ocurre actualmente.

### 5.3 *Definición de los productos entregables:*

Los productos entregables cumplen perfectamente con su función, la cual es indicar el logro o no de los objetivos planteados para el proyecto, es necesario recordar la importancia de evaluar todos los entregables a fin de determinar la consecución del alcance, ya que de no hacerlo esta manera podríamos estar incurriendo en el error de suponer que se alcanzaron los objetivos del proyecto cuando no ha sido así.

### 5.4 *Falta del Plan de Gestión del Alcance del Proyecto:*

Este plan es generado en la etapa de planificación y forma parte del Plan de Gestión del Proyecto, en nuestro caso, para los proyectos de optimización de hardware de RF, no existe formalmente un Plan de Gestión y menos con la metodología de dirección de proyectos, la cual establece los lineamientos con los que la organización evaluará y controlará el trabajo que se realiza en éstos de acuerdo con el plan de gestión.

Actualmente esta metodología esta siendo objetos de una revisión por parte de una nueva unidad que asumirá el rol de Oficina de Proyectos dentro de la organización, esta metodología será una adaptación de la heredada de la casa matriz a fin de lograr una alineación dentro de toda la corporación.

Los documentos de la metodología son propiedad intelectual de la corporación, por lo que existen restricciones sobre su reproducción total o parcial en cualquier otro documento. Por este motivo sólo se enumeraran los documentos existentes hasta el momento

- Documento de la Fase de Inicio: Ficha de Proyecto
- Documentos de la Fase de Planificación:
  - Reunión de arranque
  - Estructura desagregada de trabajo
  - Organización del proyecto
  - Programa de fechas claves
  - Asignación de recursos y responsabilidades
  - Avance físico
  - Plan de comunicaciones
  - Reunión de planificación
  - Manejo del riesgo
  - Plan detallado
- Documentos de la Fase de Ejecución:
  - Reportes de acciones pendientes.
  - Informes periódicos
  - Reunión de seguimiento del proyecto.
- Documentos de la Fase de Control:
  - Cambios en la programación.
  - Cambios de alcance.
  - Hoja de tiempo.
  - Ejecución del presupuesto.
- Documento de la Fase de Cierre: Informe de cierre

Aunque como se aprecia, existe ya un camino comenzado a andar por la Oficina de Proyectos, ésta actualmente se encuentra abocada a los proyectos de alto impacto sobre la empresa (alto presupuesto). Se espera que en un lapso de tiempo corto se le brinde este asesoramiento a todas las unidades que realicen proyectos dentro de la organización.

### *5.5 Carácter Cualitativo en los procesos de Inspección y Aceptación de los Entregables del Proyecto:*

La inspección y aceptación de los entregables del proyecto en la actualidad tienden a ser llevados de manera cualitativa pese a existir todo lo necesario para hacerlo cuantitativo. Esto trae como consecuencia un efecto de distorsión en la aceptación de los mismos, causada por el poco detalle y delimitación de lo que se busca lograr con el proyecto, dejando en muchos casos al criterio del evaluador la aceptación o no de los distintos entregables.

Es necesario comenzar a limitar el alcance de los proyectos en función a la cuantificación de los parámetros de desempeño, huellas de cobertura o cualquier otro indicador que conforme parte de los entregables establecidos, a fin de evitar ante todo la inversión de tiempo y recurso en proyectos que no producirán grandes impactos sobre la red.

Es importante en este punto destacar la falta de un dimensionamiento acorde de la unidad de Optimización de RF con los requerimientos de trabajo, ya que muchos de los entregables presentan retrasos en sus inspecciones y aceptaciones por deficiencias en este recurso.

### *5.6 Solicitudes de Cambios*

Debido al poco control existente por parte de la unidad de Optimización de RF sobre el resto de las áreas involucradas sobre el proyecto, es necesario adaptarse a cambios realizados por éstas, muchos de ellos forzados por situaciones específicas que atraviesan ya que no sólo manejan proyectos de este tipo y las prioridades van casadas a la urgencia de los requerimientos.

Un ejemplo de esto, es el caso de la ocurrencia de alguna falla en la red que requiera poner a disposición a los recursos humanos, materiales o equipos involucrados en el proyecto a fin de solventarla, lo que podría causar retrasos en el cronograma. Estos tiempos deben ser ajustados en el proyecto produciendo muy probablemente su reprogramación.

### 5.7 *Acciones Correctivas*

Las acciones correctivas giran entorno a los resultados obtenidos en las mediciones post implementación, pero debido a lo no limitado de la definición del alcance se corre el riesgo de aplicar modificaciones en casos donde no es necesario o viceversa.

Los cambios son basados en función a mediciones estadísticas y de campo que ofrecen una imagen bastante apegada a la realidad, lo que permite determinar con precisión los ajustes necesarios a fin de lograr los objetivos establecidos al comienzo del proyecto.

Realizar el registros de correcciones a través de correos electrónicos es bastantes confiable durante la vida del proyecto, pero se corre el riesgo de no actualizar esta información a la configuración final al cierre del proyecto, pudiendo perder estos ajustes, es necesario definir un procedimiento formal de registros que permita garantizar la subsistencia de la información de estos cambios una vez terminado el proyecto.

## **CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

Es necesario lograr un grado de definición del alcance en los proyectos de optimización de hardware de RF que permita reducir la incertidumbre a la hora de la aceptación o no de los entregables arrojados por éste, así como alinear a todas las áreas involucradas a logro de un mismo objetivo evitando las múltiples interpretaciones,

Se hace necesario el uso de indicadores cuantificables a la hora de realizar la evaluación de los entregables del proyecto ya que reducen la incertidumbre sobre el logro o no del objetivo permitiendo la coordinación correcta de los recursos.

Es necesario fortalecer la etapa de planificación de los proyectos de optimización de hardware de RF, esto debido a que presentan muchas deficiencias en ésta fase que repercuten con creces durante la fase de ejecución. Es así como se hace imperativa la formalización de la metodología por parte de la organización, a fin de generar los planes de gestiones correspondientes y así poder realizar un mejor seguimiento, no sólo para el alcance sino para todos los procesos que así lo requieran.

El buen grado de detalle encontrado en el diccionario de la EDT permite evitar confusiones entre las distintas áreas involucradas en el proyecto y una buena verificación del estado del mismo, pero es necesario que este diccionario sea tomado por todas las áreas involucradas a fin de que exista compromiso con el mismo y no como ocurre en la actualidad que es generado de manera unilateral por el área generadora del proyecto.

Los entregables cumplen a cabalidad con su fin de determinar el cumplimiento del alcance en el proyecto, pero es necesario verificarlos todos y cada uno de ellos a fin de poder emitir un juicio sobre el logro o no de los objetivos. Actualmente se omiten o retardan en algunos proyectos esta verificación tan importante que no permite la finalización del proyecto.

---

Los tiempos de ejecución del proyecto varían en función a las prioridades asignadas por las unidades involucradas al resto de actividades y proyectos que manejen, en muchos casos es eminente el retiro de recurso para atender eventualidades o proyectos de más urgencia para la red, por lo que se debe considerar la posibilidad de este retraso durante la definición del proyecto y contemplarlo en un plan de riesgos.

Los registros del proyecto son llevados mayormente basados en correos electrónicos, que aunque permiten una transferencia de información confiable entre las distintas áreas involucradas en la ejecución del proyecto y poseen carácter vinculante, cuando el proyecto finaliza es necesario establecer mecanismos formales para el registro de toda la información generada por el proyecto sea resguardada y archivada evitando su pérdida y permitiendo así la creación de un histórico.

## **6.2 Recomendaciones**

Es necesario poner toda la atención posible en la etapa de Planificación de los Proyectos de Optimización de Hardware de RF, ya que de allí se arrastran una gran cantidad de fallas que terminan afectando de manera significativa la resolución de los requerimientos que dieron inicio al proyecto.

En este orden de ideas es necesario poner en práctica la metodología existente, adaptándola a las necesidades de este tipo de proyectos a fin de generar un plan de gestión formal que brinde las condiciones más idóneas para el desarrollo y ejecución de los objetivos trazados. Es recomendable contar con el apoyo de la oficina de proyectos de la organización a fin de que brinden soporte en cuanto a las herramientas más adecuadas para la gestión y control de los proyectos.

Así mismo, el plan de gestión del proyecto debe contar con premisas como el compromiso del equipo a realizar lo pautado en el plan en las fechas previstas independientemente de su participación dentro de otros proyectos y actividades, definir la forma en que se recibirán y resguardarán los entregables del proyecto a fin de evitar la pérdida de información.

Y mas específicamente para la gestión del alcance es importante no dejar por fuera tópicos como el manejo en los cambios de alcance y el nivel de descripción requerido, así como los parámetros a evaluar para la verificación los hitos al momento de realizar la aceptación o rechazo de los entregables.

Con un plan de gestión bien conformado debería ser objeto de rediseño en los proyectos de optimización de hardware de RF, la forma de formular la definición del alcance del mismo, considerando que esta definición debe ser clara concisa y limitada al objetivo que se desea lograr a fin de evita ambigüedades. Esto debido a que actualmente puede ser objeto de múltiples interpretaciones pudiendo perder en muchos casos el norte del proyecto.

Es necesaria la divulgación del EDT así como de su diccionario, de manera que sea del conocimiento de todos los involucrados en el proyecto. Esto permite generar el compromiso requerido con el proyecto, así como aprovechar los beneficios concernientes del Diccionario de la EDT para la coordinación de las distintas tareas entre las unidades involucradas, evitando el solapamiento de las actividades y las confusiones durante la ejecución del proyecto.

Es necesario realizar el dimensionamiento del recurso humano en los proyectos de manera que no se omita la aceptación de ninguno de los entregables, ya que se corre el riesgo de omitir algún detalle que implique el no cumplimiento de los objetivos del proyecto, lo que retarda la generación de cambios y afecta el desempeño de la red mientras se realicen las correcciones a que haya lugar.

Debe realizarse un plan de contingencia que estime casos en que por urgencia o eventualidad sea necesario el retiro de recursos al proyecto, esto con la finalidad de mitigar su efecto sobre éste en caso de su ocurrencia, ya que es un hecho no controlable por parte de la unidad de RF y por tanto debe ponerse empeño en mitigar su impacto.

Formalizar la generación y resguardo de los registros que haya lugar durante la vida de los proyectos de optimización de hardware de RF (Sistema de Información de la Gestión), esto con la finalidad de crear un histórico del proyecto que permita realizar un seguimiento de las

actividades realizadas así como de cualquier inconveniente presentado. De esta manera se logrará llevar un mejor control sobre la ejecución del mismo, permitiendo tomar decisiones sobre hechos concretos a la hora de realizar ya sea la solicitud y/o aprobación de cambios, así como la recomendación de acciones correctivas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Briceño, J.A. (2005).** Guia del Curso de Planificación de Proyectos. Caracas: Postgrado UCAB.
  - **Francés, A. (2001).** Estrategia para la empresa en América Latina. (1ª edición). Caracas: Ediciones IESA.
  - **Lucent Technologies (2001).** CDMA IS-95 and 3G-1x Base Station Call Processing. USA.
  - **Lucent Technologies (2003).** Wíreless AMPS/PCS CDMA RF Performance Engineering. USA.
  - **Palacios, L.E. (2003).** Principios esenciales para realizar proyectos. Un enfoque latino. (3ª edición).Caracas: UCAB.
  - **Project Management Institute (2004).** Guía de los fundamentos de la dirección de proyectos.(3ª edición).Newton Square, USA: Autor
  - **Santalla, Z. (2003).** Guía para la elaboración de reportes de investigación. (1ª edición). Caracas: UCAB.
  - **www.movilnet.com.ve** sitio WEB de Telecomunicaciones Movilnet C.A.
-

---

## ANEXOS

### *Anexo A. Formato usado para informe tipo*

#### **1. INFORMACIÓN DEL PROMOTOR DEL PROYECTO**

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Nombre del Profesional:</b> |  |
| <b>Nombre del Gerente:</b>     |  |

#### **2. INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| <b>Nombre del Proyecto:</b>                                |                       |
| <b>Tipo de Proyecto:</b>                                   | Tilt Mecánico/Azimuth |
| <b>Elemento(s) PEP disponible(s)<br/>para el Proyecto:</b> |                       |
| <b>Nombre del Sitio:</b>                                   | XXX (Cell_ID=60)      |
| <b>Micromercado:</b>                                       | XXX (23)              |
| <b>MTX:</b>  | XXX                   |
| <b>Dirección / Ubicación:</b>                              | XXX                   |

---

### 3. INFORMACION TECNICA DEL PROYECTO

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <b>Características del Proyecto:</b> | Se pretende controlar la cobertura de los sectores 1 y 2 de la Celda; a fin de evitar solapamiento excesivo con sus celdas vecinas y por ende disminuir el softhandoff y aumentar el nivel de calidad de voz en la zona.  |
| <b>Características Técnicas:</b>     | <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Sector 1:</b> Se reorientará este sector pasando de 90° a <b>50° de azimuth</b>, adicionalmente se debe verificar que se conserven los <b>5° de tilt mecánico</b> que posee actualmente.</li><li>- <b>Sector 2:</b> Este sector se reorientará de 180° a <b>150° de azimuth</b>, así mismo se debe verificar que quede con un <b>tilt mecánico de 4°</b> tal y como se encuentra en la actualidad.</li></ul> |
| <b>Observaciones Generales:</b>      | Los Azimuth están referenciados con respecto al Norte Magnético.<br><br>Notificar el momento en que se realice la optimización.   |