

Cobertura GSM en Costa Rica: evaluación de la Cobertura Celular

Manuel Cerdas Batista¹

Resumen

Actualmente existe una diferencia entre la cobertura provista por los instaladores GSM y los requerimientos contractuales del Instituto Costarricense de Electricidad; esto provoca como consecuencia el que la comunicación entre los usuarios de la red móvil nacional se vea afectada, además de que genera consecuencias para el desarrollo del país. Por este motivo, es importante analizar la calidad de la red y consecuentemente, de los indicadores como la cobertura, capacidad y frecuencia ya que son los problemas más severos por la pérdida de señal que afectan la interfase de aire (cobertura). Otro aspecto por tomar en cuenta es que el ICE se limitó a requerir cobertura en distintas zonas del país, sin especificar cantidad de torres celulares, ni su ubicación ya que la definición de tales aspectos era responsabilidad exclusiva del oferente y posteriormente del contratista.

Palabras Claves

GSM / Cobertura / Interfase de Aire/

TEMS / Contrato

Abstract

It is important to analyze the difference in coverage provided by GSM installers and the contractual requirements of I.C.E.

This fact affects communications between the users of the national mobile network which impacts the development of the country; therefore it is important to analyze the network quality and the resulting indicators such as coverage, capacity and frequency, which are the most severe problems affecting the air interface (coverage). Another aspect to take into account is that ICE limited itself to require coverage in different zones of the country without specifying the

¹ Bachiller en Ingeniería Industrial, Candidato a Licenciatura en Ingeniería Industrial, ULACIT. Correo electrónico: mcerdasb@ice.go.cr

number of base transceiver or their location; since the definition of those aspects was the supplier and contractor exclusive responsibility.

Key words

GSM / Coverage / Interface of air /

TEMS / Contract

Introducción

El sistema GSM surgió debido a la necesidad de tener una tecnología internacionalmente estandarizada, que facilitara las interconexiones entre los operadores de diferentes países. Los servicios celulares iniciaron en Costa Rica en 1989, operados por la empresa Millicom, de nacionalidad norteamericana, para lo cual se usó la tecnología AMPS. En 1994, la empresa Millicom solo tenía 1400 clientes; sin embargo, un voto de la Sala Constitucional declaró inconstitucional esa concesión y forzó al ICE a asumir el servicio. Para hacerlo contó con tres centrales AMPS marca Plexys que; por razones de operación y capacidad, fueron cambiadas por una pequeña central de tecnología AMPS (Sistema Telefónico Móvil Avanzado) de 4000 líneas, donada por la empresa Ericsson en la banda A en 800 MHz. Luego el ICE licitó nuevas líneas celulares y adquirió una central marca Lucent, de 18000 líneas, en tecnología TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo) que se instaló con el uso de la banda B 800 MHz. En el 2000 el ICE decide incursionar en el sistema TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo) de tecnología Europea y en diciembre del 2002 Alcatel inicia la entrega de una nueva aventura tecnológica, la red GSM. Estas dos modalidades de servicio móvil le brindan al cliente la posibilidad de generar llamadas de voz y mensajes de texto por medio de TDMA(Acceso Múltiple por División de Tiempo), sistema por el cual los clientes perciben mayor cobertura debido quizás, a que trabaja en la banda de 800 a 900 MHz; lo que permite la expansión de la onda de frecuencia, que esta llegue más lejos y que su camino no cuente con tanta sombra o bien interferencia. La segunda, llamada GSM 1800 MHz, permite a los clientes del ICE ingresar a la Internet y a sitios desde los cuales puede enviar mensajes a otros clientes móviles en GSM. No obstante, desde su introducción en el 2002,

es la que más quejas por cobertura o congestión ha presentado, con valores de 15 clientes de cada 100.

La red GSM del ICE actualmente está compuesta por 3 subsistemas diferenciados: el subsistema de estaciones base (BSS) que cumple funciones relacionadas con el acceso de radio; el subsistema de conmutación de red (NSS) con las funciones de procesamiento de llamadas y otras relativas al usuario; y el centro de operación y mantenimiento (OMC) que da las pautas operación y mantenimiento, como cambios de configuración y monitorización de alarmas. Técnicamente este sistema de GSM funciona por medio de una tarjeta SIM que se instala en el teléfono móvil lo que facilita el cambio de aparato sin tener que configurarlo, brindándoles mayor seguridad a los usuarios porque sólo podrán activarlo mediante un número de identificación personal (PIN) de seguridad.

En lo que respecta a la arquitectura celular del ICE, esta se encuentra compuesta por cuatro bloques básicos: el equipo de usuario, desde donde se conecta a la red a través del cual recibe sus servicios; la red acceso, constituida por el subsistema de estaciones base y que permite la movilidad del usuario dentro del área de cobertura de la red; el núcleo de la red, constituido por el subsistema de conmutación y responsable por el establecimiento de la trayectoria a través de la cual el intercambio de información tiene lugar; y finalmente, el bloque de las otras redes, redes de cobertura WAN con las cuales la red celular se interconecta.

Por otra parte, al analizar la cobertura se determinó que el ICE debe brindar el servicio a 384 localidades establecidas sobre la base poblacional de los cantones más densos del país. Posteriormente se vio que la tendencia siempre ha sido creciente, por lo cual es importante que el indicador de cobertura sea destacable ya que afecta la comunicación y el establecimiento de llamadas entre los usuarios.

El crecimiento de estas áreas de cobertura es un proceso natural y propio de toda red móvil, ya que aún en el hipotético caso de que la cantidad de usuarios permanezca invariable, lo cierto es que demandan más cobertura (traducido en nuevas áreas geográficas, que se refiere al concepto de movilidad de toda la red celular); desde donde igualmente puedan disponer del mismo servicio por el que pagan. La red celular GSM inicialmente fue prevista para servir en

384 localidades y 7 de las principales carreteras nacionales, pero en contraste actualmente existen 85 comunidades no previstas en la red actual que están requiriendo de cobertura GSM, en su mayoría son sitios rurales de importancia poblacional y turística.

Los usuarios de estas comunidades y del resto del país exigen del sistema GSM una mayor área de cobertura en el sistema. Estas nuevas áreas pueden inclusive estar confinadas a un espacio cerrado como lo es un edificio, (cobertura de tipo "indoor") pero que por sí solo representa una variación a las delimitaciones iniciales de la red.

La historia de los proveedores GSM del ICE inició con Alcatel en el 2002 cuando se firmó con los franceses el servicio para 400.000 mil clientes. En agosto de ese mismo año, Alcatel inició la instalación de las Torres, y en noviembre se entregó la red GSM con tan solo 170 sitios de los 384 previstos, lo cual generó problemas de cobertura desde un inicio.

Estos problemas derivan de las dos fallas principales de la red GSM; la falta de cobertura (atribuida a Alcatel) y congestión por alto tráfico (responsabilidad del ICE); este tráfico congestionado de llamadas se mide en erlangs. Un erlang significa que los usuarios hablan las 24 horas del día por teléfono. En cuanto al tráfico de erlangs, del cartel publicado se desprende que una de las premisas asumidas con el proceso abreviado de licitación, fue que cada uno de los clientes generaría 0,025 erlangs de tráfico en la hora más cargada de la red, por lo que en total se estarían generando 400.000 servicios por 0,025 erlangs = 10.000 erlangs. Sin embargo, la realidad es que los usuarios generan 0,031 erlangs en la hora pico flotante de cada sector, por lo que en total se estaría generando 400.000 servicios *0,031 erlangs=12.326 erlangs, y esta diferencia de tráfico genera problemas de congestión.

Ambos problemas son consecuencia de la mala red celular y el tráfico en erlangs estimado en el cartel el cual no fue suficiente para cubrir las necesidades de comunicación que existen en la red celular. Esto es demostrable debido a los nivel de congestión de un 15% en celdas del áreas rurales como los son en Perez Zeledón, Cerro Garrón, Guápiles, entre otros sitios.

Esta cobertura y el alto grado de congestión se valoran desde el incumplimiento de las especificaciones técnicas e indicadores de calidad como

la cobertura y optimización del sistema, específicamente la utilización de los equipos y componentes asociados para brindar 600 mil soluciones integrales telefónicas inalámbricas de tecnología GSM, a través de la Licitación Pública 7149-T-2002, donde se establece un análisis de la documentación e información que se tiene archivada por parte de la administración del contrato, así como a la información referente a los resultados de las pruebas de cobertura, reportes de averías para la verificación de la disponibilidad de radios (TRX`s) y congestión en la interfaz de aire. Estos son indicadores de calidad de gran importancia para el correcto desarrollo de las principales actividades de la contratación que no cumplen con la calidad esperada por los clientes ya que la cantidad de quejas por la leve intensidad de señal (mayor o igual a 98 dB) llega a 146 mensuales.

Estas quejas son, en la mayoría de los casos, una serie de casos concretos en donde una vez que los usuarios maduran en el entendimiento de las limitaciones del servicio que reciben, piden a entes externos como la Autoridad reguladora de servicios públicos o la Defensoría de los Habitantes de Costa Rica que el ICE les brinde mejoras de señal al mayor número posible de localidades y edificaciones.

Desde que se inició la operación comercial del sistema GSM, este ha traído problemas de cobertura en las zonas de alto tráfico. En algunas áreas del ICE se llegan a contabilizar 146 quejas de diferentes zonas en los primeros meses del 2008, según información suministrada por el Área Gestión de Incidencias de la División del Servicios de Telecomunicaciones.

Esto justificó la realización de un estudio que indicara los aspectos importantes de la medición del índice de calidad de cobertura que debe realizarse para garantizar la calidad en la prestación del servicio celular. Según datos proporcionados por el área de Soporte de Aplicaciones la cobertura en Costa Rica percibida por los usuarios en el sistema móvil es un parámetro fundamental ya que 43 de cada 100 personas posee un aparato celular y se estima que para el 2010 aumentará a 61 por cada 100.

La cobertura de las aéreas en las que se satisface el grado de servicio mínimo, de acuerdo con las especificaciones técnicas solicitadas en el cartel, debe hacer posible que los terminales de usuario puedan acceder al sistema

arrendado y a todos los servicios contratados. De acuerdo con lo anterior, el 15% de los usuarios en algún momento no ha tenido la señal mínima aceptable, de 50 a 104 dB (decibles), que le permita el establecimiento de llamadas y la operación de su aparato móvil.

Por lo anterior; verificar el cumplimiento de las condiciones técnicas para los parámetros de calidad: cobertura, saturación en la interfaz de aire y disponibilidad de radios, de conformidad con lo que dictamina el cartel de la licitación 7149-T-2002, es importante para determinar responsabilidad y explicar a los clientes la necesidad de que conozcan las razones por las cuales se adquiere el servicio y se espera que cumpla con sus expectativas.

En la tabla # 1 se comparan los aspectos del cartel de licitación establecidos y los reales que se presentan actualmente en el servicio de telefonía celular brindado por el ICE. Entre los que se analizarán está que la cantidad de energía o nivel de señal en las áreas de interés es infinita y continua. Para evaluar el cumplimiento de los objetivos definidos por el ICE, es necesario hacer discreta dicha cantidad, la cual se obtiene por medio de la toma de medidas en las muestras definidas. También se establecen claramente dos actividades para la verificación de la cobertura, primero la recolección de datos mediante pruebas conocidas como drive-test y segundo, el resultado de su procesamiento. El ICE y el proveedor llevan estas actividades de forma conjunta.

Tabla 1: Comparación Cartel – ICE

Elaboración: Manuel Cerdas Batista

Parámetros establecidos en el Cartel	
Indicador Cartelario	Capacidad Instalada
<p>2.9.1 "El adjudicatario será responsable de los siguientes elementos del sistema: diseño del sistema, instalación, prueba de funcionamiento, interconexión al SNT, calidad del servicio, mantenimiento correctivo y preventivo, durante todo el período de arrendamiento"</p>	<p>Definió las localidades y carreteras que se deberían cubrir como mínimo, nunca definió la cantidad de radio bases ni ubicación de las mismas. Se definieron 384 localidades y 7 carreteras.</p>
<p>3.12.2 "El nivel de intensidad de señal mínimo para cobertura OUTDOOR medida en la calle debe ser para las áreas de alto tráfico por lo menos de 95% de cada área definida, debe ser servida con un nivel de -70 dBm o mejor. Además, todas las localidades deben ser servidas con un nivel de -70 dBm o mejor. Para el resto del país: las localidades enumeradas deben ser servidas con un nivel de -85 dBm o mejor, con una probabilidad de 95% lo cual implica que de cada 100 muestras del nivel de intensidad de señal, tomadas en cada localidad y medido a través de terminales de usuario en la calle, deberá de cumplir con los porcentajes indicados"</p>	<p>El ICE debe conocer esta diferencia en cuanto al porcentaje de cumplimiento entre los proyectos, por medio de pruebas de sus técnicos como sistemas de Drive Test (pruebas de campo). Esto ha confirmado el incumplimiento en las 7 carreteras solicitadas y en Alcatel GSM, 206 localidades y en Ericsson, 81 localidades. Se realizó un muestreo del sistema Ericsson; de las 45 localidades de alto tráfico de llamadas se evaluaron 12 y de esas solo dos superaron el nivel de señal requerido. Es decir el 83,33% de las localidades estudiadas no los cumplieron. De las 339 zonas de bajo tráfico se estudiaron 117 y el 53,85% no cumplía el nivel de señal.</p>

Fuente: Cartel 600 K GSM Ericsson

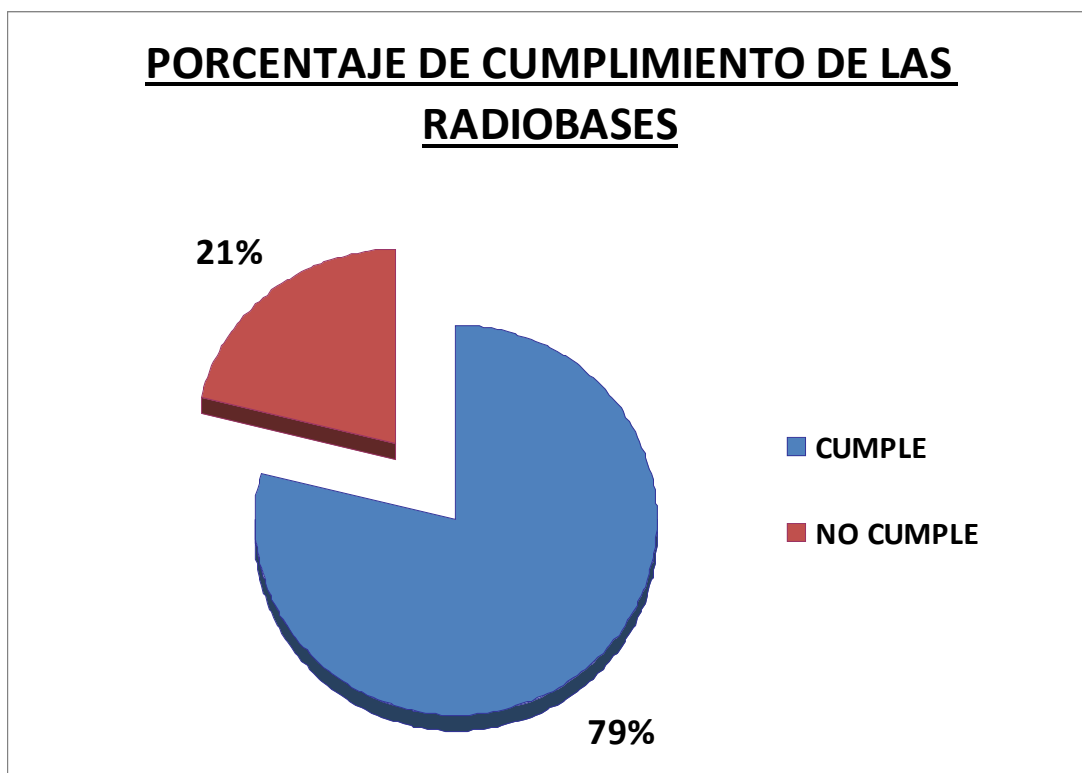
Un aspecto relevante es el hecho de no utilizar desde el inicio de la instalación de las radiobases, el equipo TEMS como herramienta de medición (equipo de medición de señal) lo que permite la evaluación de los parámetros de calidad estipulados en el cartel. Esto no permitió conocer la realidad de la cobertura desde el inicio, lo que limitó que existiera una planificación de la red más adecuada a la realidad de las localidades cartelarias. Como consecuencia, no se brinda la calidad en la cobertura solicitada por la Administración en el Cartel y esperada por la población en general la cual además de estar ya molesta por las fallas en la cobertura en la red de las 400K Alcatel; también se ve afectada por la misma problemática en la red de 600K Ericsson.

El Gráfico # 1 muestra el porcentaje de incumplimiento por parte del proveedor en donde se determina que de 385 sitios contractuales de cobertura, hay 81 que no cumplen con el porcentaje de cumplimiento del 95%; lo cual ejemplifica

el margen de probabilidad de cobertura predicha en el área que va a presentar problemas de congestión de llamadas o bien en donde del todo no se pueda completar una llamada desde la red móvil. Los otros 304 sitios contractuales cumplen con los parámetros de calidad para efectuar una completación de llamada. Estas mediciones se realizaron con los instrumentos de validación (TEMS) que funcionan para efectuar las verificaciones de acuerdo con la definición que se diera al área de cobertura.

Grafico # 1 Comunidades con incumplimiento de cobertura

Elaborado: Manuel Cerdas Batista



Fuente: Control de Calidad a Terceros, ICE, Telecomunicaciones.

Un aspecto que afecta los porcentajes en el gráfico es el tráfico por cliente ya que se estimó que un 80% se generaría en el área metropolitana y el 20% restante en el área rural, pero la realidad es que el comportamiento del tráfico es de 56% metropolitano y 44% rural. Estas cifras se traducen técnicamente en un alto grado de congestión e incapacidad para cursar llamadas de usuarios en algunas de las radio bases que sirven en el área metropolitana. En total 115

radiobases se encuentran en estado de saturación de tráfico, lo que se convierte en una degradación de la calidad del servicio al usuario.

Otro aspecto que afecta a estas comunidades es que los servicios de telefonía inalámbrica GSM suministrados por los proveedores fue aceptada a pesar de estar incompleta en algunos de sus sistemas, obras civiles y radiobases; situación que fue conocida y avalada por la Administración Superior. Todas estas fallas han sido percibidas por los clientes de la red, lo que da como resultado incompatibilidad con la cláusula cartelaria 3.12.2 que indica que las mediciones del parámetro de cobertura deben cumplir con un 95% de probabilidad de cumplimiento respecto a sus valores de intensidad establecidos (-70dBm para las áreas de alto tráfico y -85dBm para el resto del país). Todo esto lleva a la conclusión de que existe una diferencia entre lo establecido en el cartel en lo que respecta a la forma realizar las mediciones de intensidad de la señal en las diferentes localidades y carreteras que deben ser cubiertas con el sistema GSM. Actualmente, el nivel de congestión en la red es de 45% en el área de Puntarenas, Guanacaste y Limón y en el área de San José, Alajuela, Heredia y Cartago del 15%, por lo que con la inclusión de nuevos usuarios se espera que este problema se incremente. Además, es más serio en área rural donde la densidad de celdas es menor, lo que limita la capacidad de distribuir eficientemente el tráfico.

Este problema se detalla mejor en la auditoría realizada por el Ing. Jaime Bonilla Gómez (2008, pp. 36-37) quien se refiere en el informe final a los resultados del estudio especial sobre ocupación de la Red GSM 600K Ericsson de la siguiente manera: el proyecto de 600K GSM adjudicado a Ericsson fue aceptado con 56,60% de las 106 localidades verificadas, que incumplían con el parámetro de cobertura de un 95% de probabilidad de cumplimiento respecto a sus valores de intensidad establecidos en el cartel (-70dBm o -85dBm dependiendo de la localidad).

Estos valores de intensidad de señal están establecidos en las cláusulas 2.38.1 y 2.38.2 del cartel. Por calidad del servicio celular se debe comprender su capacidad para hacerle frente al tráfico y los servicios ofrecidos.

De acuerdo con las especificaciones establecidas por el ICE:

“Se debe entender por calidad del servicio, el conjunto de características del sistema celular completo que miden la capacidad del mismo para hacerle frente

al tráfico y los servicios ofrecidos, tomando como referencia las características de diseño solicitadas.”

En la prensa nacional se hace referencia a estos problemas. El periódico Al Día (07 de febrero, 2007, pp. 6-7) se refiere a los problemas del ICE en la parte de congestión en los siguientes términos: “El ICE pagó a Alcatel \$153 millones por 400.000 líneas GSM. Sin embargo, desde el inicio de sus operaciones, la red celular presentó problemas de tráfico de llamadas, cobertura y congestión de mensajes de texto”.

Esta noticia en un periódico de circulación nacional denota que los clientes siempre han tenido problemas con la cobertura, lo cual no permite en muchas ocasiones la completación de llamadas.

Por este motivo, uno de los factores críticos de éxito en la organización es el incumplimiento del indicador de cobertura debido a que el ICE, por este incumplimiento, lo único que puede establecer hasta el momento es una multa del 3% sobre la cuota de arrendamiento semestral. Como se establece en la tabla # 2 el ICE debe poner énfasis en generar mayor cobertura celular lo que traerá un impacto positivo en la percepción de los clientes. Esto es importante debido que una empresa que está brindando el monopolio de las telecomunicaciones tiene que velar por brindar un mejor servicio.

Tabla # 2 Objetivo de Drive Test

Elaboración: Manuel Cerdas Batista

Objetivo	Generar la mayor cobertura de los sistemas GSM Alcatel y Ericsson
Meta	Optimización del sistema en 100%
Indicador	Porcentaje de localidades con cumplimiento (total número de muestras / muestras que superen 85%)
Distancia	Cada 10 m. se toman muestras

Existen otros indicadores de calidad, como la percepción del cliente sobre la calidad de sistema y el porcentaje de satisfacción de la demanda; estos indicadores se establecen en la Tabla # 3.

Tabla # 3 Mejorar la prestación de servicio

Elaboración: Manuel Cerdas Batista

Mejorar la cobertura y ser competitivo en la prestación de servicio.			
Perspectiva	Factor Critico	Indicador	Acción
Clientes	Prestación de un servicio de calidad	%Completación de llamadas móviles = (Cantidad de llamadas completadas / Total de llamadas originadas)*100	Monitoreo de la Red móvil
			Análisis de datos estadísticos de la central
	Satisfacción de la demanda	Cobertura de Servicios Móviles = Territorio total/ total de territorio que cubre la señal celular	Ubicación geográfica de la demanda, % demanda localizada
			Instalación de la infraestructura conforme a la ubicación de la demanda % utilización de la red.

Como recomendación, los proyectos de telefonía celular deben de tener un estudio de aceptación definitiva que muestre que cumplen con las condiciones cartelarias solicitadas, en función de los de parámetros de calidad, esto con el fin de seguir la legislación vigente, para no afectar a los clientes y la imagen institucional cuando presenten molestias por el mal servicio de telefonía y no por determinado proveedor.

Otro punto muy importante que debe tomar en cuenta el ICE en aras de una apertura es un principio fundamental del Cuadro de Mando Integral: "Alinear a toda la organización hacia la estrategia". El ICE debe centralizar sus esfuerzos en brindar un servicio de calidad en el sentido de que los clientes puedan realizar una llamada sin cortes; esto se puede mejorar si se elabora un cuadro de fijación de metas (tabla # 4).

Tabla # 4 Fijación de metas

Elaboración: Manuel Cerdas Batista

Fijación de meta							
Indicador	Situación Actual	Meta Propuesta	Fecha de Cumplimiento	Proceso Relacionado	Que se medirá	Como se medirá	Frecuencia de Medición
Cobertura	90% de todos los sitios medidos	100% de todos los sitios	31-dic-2008	Soporte Técnico Celular	Cobertura	Equipo TEMS	Quincenal
Optimización	50% de todos los sitios medidos	100% de todos los sitios	31-dic-2008	Soporte Técnico Celular	Completación de llamadas	Equipo TEMS	Quincenal

Un aspecto por tomar en cuenta para futuras contrataciones es que se haga uso de herramientas de medición de los parámetros de calidad de cobertura y se le dé el uso adecuado a las herramientas por parte de los técnicos. En la tabla # 4 se hace referencia al TEMS como equipo para obtener optimización de cobertura con el fin de mejorar la calidad de la señal.

Un detalle importante es el tipo de contratación que realiza el ICE al cual se refiere Deming (1995) en uno de sus 14 puntos: "No hacer contratos con proveedores atendiendo únicamente al precio, sino considerando también la calidad" (p 4). Este es el tipo de contratos establecido con los proveedores celulares del ICE ya que una de las premisas para obtener la adjudicación es el precio establecido en el cartel(85%). Este punto de Deming tiene más relevancia después de realizar el análisis cartelario y observar la realidad del comportamiento celular en donde que existen problemas en cuanto a lo solicitado y lo instalado, lo que ha llevado a incumplimientos contractuales por parte del proveedor que afectan la calidad y percepción de los clientes en cuanto a la calidad del ICE.

Para proyectos futuros de cualquier índole es importante que se realice su aceptación definitiva cuando se demuestre que cumple con las condiciones cartelarias solicitadas que permitan brindar servicios a los clientes el servicio que ellos esperan. Uno de los problemas radica en que se aceptó y adjudicó un proyecto de telefonía GSM de 600 mil soluciones inalámbricas con grandes deficiencias de cobertura; las cuales luego de casi dos años de adjudicado el proyecto se siguen presentando en varias localidades del país y afectan a muchos clientes que obtuvieron un servicio GSM de la red Ericsson. Lo anterior se mejoraría si existiera una meta con su indicador para los parámetros de cobertura en el área de telefonía celular con el fin de establecer la importancia de los proyectos que se realizan actualmente. En la tabla # 5 se indica el proyecto, la meta y el indicador; esto con el fin de mejorar la disponibilidad del sistema y la calidad del servicio que se brinda; también al agruparlos se pueden analizar las perspectivas; qué es lo que se quiere lograr y cómo se va a medir. Estas metas darán las claves que determinarán los cambios en la organización y se convertirán en la función primordial de traducir la misión y la estrategia de la organización en un conjunto de indicadores que informen de la consecución de los objetivos.

Tabla # 5 Análisis de Proyectos

Elaboración: Manuel Cerdas Batista

Proyecto	Objetivo	Indicador
Optimización del Sistema Alcatel	Mejorar la disponibilidad de cobertura y calidad en zonas de mayor tráfico	Grado de servicio por Radio base = $(\text{total intentos bloqueados} / \text{Total de intentos}) * 100$
Utilización de la red GSM a través de Roaming Intersistemas	Utilización de Roaming Intersistemas	# sitios que brindan el servicio.
Ampliación de cobertura en zonas específicas mediante el uso de infraestructura subutilizada	Mejorar la disponibilidad de cobertura y calidad en zonas de bajo cumplimiento	Aumento de % cumplimiento de zona
Creación NOC (Calidad del sistema operativo)	Mejorar la calidad del servicio para los usuarios en general, es decir prestación de servicios con disponibilidad cobertura y calidad	Cantidad de usuarios Cantidad de Tráfico % de Congestión

Bibliografía

American Psychological Association. (2002) Manual de estilo de publicaciones de la American Psychological Association (2 ed). México: Manual Moderno.

American Psychological Association. (2003). APA en línea. Disponible en línea en:<http://www.apa.org/>

Benjamín W. Niebel. Ingeniería industrial, Métodos, Tiempos y Movimientos. Tercera edición. México.

Bonilla Gómez, Jaime. Informe Final, resultados del estudio especial sobre ocupación de la Red GSM 600K Ericsson. Soporte de Aplicaciones. 2008

Domingo, J. de & Arranz, A.(2000). Calidad y Mejora Continua. Editorial Donostiarra. San Sebastián. España.

Hernández Sampieri, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2003). Metodología de la investigación (3 ed). México: McGraw-Hill.

Kaplan, R.S y Norton D.P. (1997). El cuadro de mando integral. The Balanced Scorecard. Barcelona: Ediciones Gestión 2000

Kaplan, R., Norton, D(1997), "El cuadro de mando integral", 2da edición, Editorial Gestión 2000, Barcelona, España, 1997

Méndez, Carlos (2001). Metodología. Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación. México: Editorial Mc Graw Hill.

Mercedes Agüero R. Nacion.com (2006) Ericsson multada por atraso y fallas en red celular GSM. Recuperado el 23 de diciembre 2006, de http://www.nacion.com/ln_ee/2006/diciembre

Salgado García, Edgar. (2004) Guía para hacer referencias en formato APA.
Centro de Investigación y Desarrollo Empresarial, CIDE.

Salgado García, Edgar. (2005) Guía para la Elaboración del Artículo Científico.
Centro de Investigación y Desarrollo Empresarial, CIDE.

Ronny Rojas. Al Día (2007) ICE rompe relación con firma francesa Alcatel.
Recuperado el 07 de febrero 2007, de
http://www.aldia.cr/ad_ee/2007/febrero/07/nacionales986691.html