

MONITOREO Y GESTIÓN REMOTA DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE  
A TRAVÉS DE UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL GSM (GLOBAL MOBILE  
SYSTEM) PARA TRAZAR EL AUMENTO DE DISPONIBILIDAD POR MEDIO DEL  
MODELO CMD (CONFIABILIDAD-MANTENIBILIDAD-DISPONIBILIDAD)

MANUEL ALEXANDER CARREÑO ORTIZ  
DANIEL ANDRES VILLADA SALAZAR

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2012

MONITOREO Y GESTIÓN REMOTA DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE A  
TRAVÉS DE UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL GSM (GLOBAL MOBILE  
SYSTEM) PARA TRAZAR EL AUMENTO DE DISPONIBILIDAD POR MEDIO DEL  
MODELO CMD (CONFIABILIDAD-MANTENIBILIDAD-DISPONIBILIDAD)

MANUEL ALEXANDER CARREÑO ORTIZ  
DANIEL ANDRES VILLADA SALAZAR

Monografía de Grado presentada como requisito para optar al título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: Roger Vargas  
Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2012



A C U E R D O No. 164 DE 2003  
( diciembre 16 )



**ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO, TRABAJOS  
DE INVESTIGACION O TESIS Y AUTORIZACIÓN  
DE SU USO A FAVOR DE LA UIS**

Yo, **DANIEL ANDRES VILLADA SALAZAR**, mayor de edad, vecino de Bucaramanga, identificado con la Cédula de Ciudadanía No. **75081458** de **MANIZALES**, actuando en nombre propio, en mi calidad de autor del trabajo de grado, del trabajo de investigación, o de la tesis denominada(o):

**MONITOREO Y GESTIÓN REMOTA DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE A TRAVÉS DE UNA RED DE TELEFONÍA MOVIL GSM (GLOBAL MOBILE SYSTEM) PARA TRAZAR EL AUMENTO DE DISPONIBILIDAD POR MEDIO DEL MODELO CMD (CONFIABILIDAD-MANTENIBILIDAD-DISPONIBILIDAD)**, hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD o DVD) y autorizo a LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento. PARAGRAFO: La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, uso en red, Internet, extranet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR – ESTUDIANTE, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad sobre la misma. PARAGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL AUTOR / ESTUDIANTE, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Bucaramanga, a los diecinueve (19) días del mes de Noviembre de Dos Mil doce 2012 .

**EL AUTOR / ESTUDIANTE:**

Nombre: **DANIEL ANDRES VILLADA SALAZAR**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios quien me da la salud y las capacidades para alcanzar las metas propuestas

A mi Madre quien me inspira con su entrega a quienes ama y con su trabajo que la acerca a las cosas que desea.

A mí amada novia quien me anima a seguir y resalta mis fortalezas

A mi compañero de Monografía quien se esforzó por lograr este objetivo.

MANUEL ALEXANDER CARREÑO ORTIZ



## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
1. ELEMENTOS QUE CONFORMAN UNA RED DE TELECOMUNICACIONES GSM - GLOBAL SYSTEM MOBILE.	18
1.1 RED PUBLICA MÓVIL TERRESTRE (PLMN)	18
1.2 RADIO CELDA	18
1.3 ESTACIÓN MÓVIL (MS)	19
1.4 MODULO DE IDENTIDAD DEL SUSCRIPTOR(SIM)	19
1.5 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ESTACIONES BASE (BSS)	20
1.5.1 Estaciones Base Transmisoras receptoras	20
1.5.2 Controlador de Estaciones Base	21
1.6 COMPONENTES DEL SUBSISTEMA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (OMS)	22
1.6.1 Herramienta de gestión y almacenamiento de Logs (registros) de eventos y alarmas – M2012.NManager	23
1.6.1.1 Posición del M2012 en la red.	24
1.6.1.2 Elementos de red NE gestionados por M2012.	25
1.6.2 Herramienta de almacenamiento de eventos de indisponibilidad – Pegaso.	27
2. REDES DE TRANSMISIÓN DE DATOS	30
2.1 MEDIOS GUIADOS	31
2.1.1 Cable UTP.	32
2.1.2 Cable STP.	32
2.1.3 Cable coaxial.	33
2.1.4 Fibra Óptica.	33
2.1.4.1 Refracción.	34
2.1.4.2 Ángulo crítico.	35
2.1.4.3 Reflexión.	36
2.2 MEDIOS NO GUIADOS	38
2.2.1 Asignación de radio frecuencia.	38
2.2.2 Propagación de las ondas de radio.	38
2.2.2.1 Propagación en la superficie.	40
2.2.2.2 Propagación troposférica.	40
2.2.2.3 Propagación ionosférica.	40
2.2.2.4 Propagación por visión directa.	40



2.2.2.5	Propagación por el espacio.	41
2.2.3	Microondas Terrestres.	41
2.2.3.1	Repetidores.	42
2.2.3.2	Antenas.	43
2.2.4	Comunicación vía Satélite.	44
2.3	COMPARACIÓN DE LOS MEDIOS	45
3.	GRUPOS ELECTRÓGENOS O PLANTAS DE EMERGENCIA	48
3.1	GRUPOS ELECTRÓGENOS DE ARRANQUE MANUAL	48
3.2	GRUPOS ELECTRÓGENOS DE ARRANQUE AUTOMÁTICO	48
3.3	GRUPOS ELECTRÓGENOS DE CONTINUIDAD	49
3.4	MOTOGENERADOR	51
3.4.1	Componentes.	51
3.4.1.1	Motor.	51
3.4.1.2	Tarjeta reguladora de velocidad.	51
3.4.1.3	Sistema eléctrico del motor.	52
3.4.1.4	Sistema de refrigeración.	52
3.4.1.5	Generador.	52
3.4.1.7	Tanque de combustible.	53
3.5	TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA ATS	54
3.5.1	Funciones de la transferencia automática.	55
3.5.2	Componentes de una transferencia automática.	55
3.5.2.1	Sensores.	55
3.5.2.2	Actuadores.	56
3.5.2.3	Contactores.	56
3.5.2.4	Temporizadores.	56
3.5.2.5	Otros elementos	56
4.	ENFOQUE SISTÉMICO E INTEGRAL - (CMD)	59
4.1	SISTEMA KANTIANO DE MANTENIMIENTO	60
4.1.1	Elementos de un sistema kantiano	61
4.1.2	Sistema Integral de Mantenimiento	62
4.1.2.1	Categorización del Mantenimiento	65
4.1.2.2	Cuerpo y función de los equipos. Efectos del Espacio y del Tiempo.	66
4.1.2.3	Niveles del Mantenimiento.	67
4.1.3	Estructura, Relaciones y Elementos	70
4.1.3.1	Relaciones	70
4.1.3.2	Interacción - CDM	75



4.1.3.3	MÉTODOS DE PREDICCIÓN – CDM	75
4.2	DISPONIBILIDAD	80
4.2.1	Modelo Universal Para Diagnosticar – CDM	84
4.2.1.1	Disponibilidad Genérica	85
4.2.1.2	Disponibilidad Inherente o Intrínseca	85
4.2.1.4	Disponibilidad Operacional	86
4.2.1.5	Disponibilidad Operacional Generalizada	86
5.	MEJORAMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES POR MEDIO DEL CONTROL DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE GRUPOS ELECTRÓGENOS.	87
5.1	SELECCIÓN Y DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD.	88
5.2	MANUAL PARA LA INSTALACIÓN DE LA ALARMA DE ENCENDIDO DE MOTOGENERADORES	93
5.3	IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA EL CONTROL DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.	95
5.4	ANÁLISIS DE DATOS DE DISPONIBILIDAD	101
6.	ESTRATEGIA METODOLÓGICA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ALARMA	107
6.1	ELABORACIÓN DE CRONOGRAMAS DE INSTALACIÓN	108
	CONCLUSIONES	114
	BIBLIOGRAFÍA	116
	ANEXO	118

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. RADIO CELDAS	19
FIGURA 2. SUSCRIPTOR MÓVIL	20
FIGURA 3. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ESTACIONES BASE.	21
FIGURA 4. CONEXIONES ENTRE EL OMS Y BSS, SSS; TOPOLOGÍA JERÁRQUICA.	23
FIGURA 5. POSICIÓN DEL M2012 EN LA RED.	24
FIGURA 6. ARQUITECTURA JERÁRQUICA DEL M2012 EN UNA RED GSM	25
FIGURA 7. MUESTRA DE INDISPONIBILIDAD DESPLEGADA POR HERRAMIENTA PEGASO	28
FIGURA 8. INDISPONIBILIDAD DE FORMA GRÁFICA DESPLEGADA POR HERRAMIENTA PEGASO SEGÚN EL TIPO DE FALLA.	29
FIGURA 9. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.	31
FIGURA 10. CABLE DE PAR TRENZADO TIPO UTP	32
FIGURA 11. CABLE DE PAR TRENZADO TIPO STP	32
FIGURA 12. CABLE COAXIAL	33
FIGURA 13. REFRACCIÓN	35
FIGURA 14. ÁNGULO CRÍTICO	35
FIGURA 15. REFLEXIÓN	36
FIGURA 16. FIBRA ÓPTICA	37
FIGURA 17. BANDAS DE COMUNICACIÓN POR RADIO.	39
FIGURA 18. TIPOS DE PROPAGACIÓN.	39
FIGURA 19. MICROONDAS TERRESTRES.	43
FIGURA 20. ANTENA PARABÓLICA.	43
FIGURA 21. ANTENA CORNETE.	44
FIGURA 22. COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE.	45
FIGURA 23. TOPOLOGÍA TÍPICA DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES.	47
FIGURA 24. DIAGRAMA DE UNA FUENTE ININTERRUMPIDA DE POTENCIA.	50
FIGURA 25. MOTOGENERADOR MONTADO SOBRE UN BASE TANQUE.	51



FIGURA 26. DIAGRAMA DE SECUENCIA DE ENCENDIDO DE UN MOTOGENERADOR CON TARJETA DE CONTROL.	53
FIGURA 27. TIPOS DE TANQUES, IZQUIERDA BASE TANQUE, DERECHA TANQUE CILÍNDRICO.	54
FIGURA 28. CONTACTORES DE POTENCIA DE RED COMERCIAL Y MOTOGENERADOR CON SUS RESPECTIVOS CONTACTORES AUXILIARES.	57
FIGURA 29. TEMPORIZADOR.	57
FIGURA 30. DIAGRAMA UNIFILAR TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA ATS.	58
FIGURA 31. TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA ATS	58
FIGURA 32. ELEMENTOS DE UN SISTEMA KANTIANO	61
FIGURA 33. SISTEMA INTEGRADO DE INGENIERÍA DE FÁBRICAS: MANTENIMIENTO-MÁQUINAS-PRODUCCIÓN.	63
FIGURA 34. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE INGENIERIA DE FABRICAS	65
FIGURA 35. NIVELES Y CATEGORÍAS DEL MANTENIMIENTO BAJO EL ENFOQUE SISTÉMICO	68
FIGURA 36. DIAGRAMA DE ESTADOS DE UN EQUIPO (PERFIL DE FUNCIONALIDAD)	74
FIGURA 37. TIEMPOS IMPORTANTES, SIGLAS Y DEMÁS CONVENCIONES QUE SE USAN EN LA MEDICIÓN Y PREDICCIÓN DEL CDM.	81
FIGURA 38. PRIMERA ETAPA DE DATOS PARA LA PREDICCIÓN CDM	84
FIGURA 39. ETAPA DOS DE SELECCIÓN DE DISPONIBILIDAD A USAR EN PREDICCIÓN CDM APLICABLES A ESTE CASO	85
FIGURA 40. FILTROS DE EVENTOS DE INDISPONIBILIDAD – PERIODO A ANALIZAR (PEGASO)	90
FIGURA 41. FILTROS DE EVENTOS DE INDISPONIBILIDAD – REGIONALES (PEGASO)	91
FIGURA 42. INFORME EN EXCEL LISTADO DE FALLAS	91
FIGURA 43. GENERACIÓN DE LA ALARMA DE ENCENDIDO DE MOTOGENERADOR DESDE EL CONTACTOR HACIA LA TARJETA DE GESTIÓN DE ALARMAS EXTERNAS	94



FIGURA 44. ACCESOS INICIALES A LA HERRAMIENTA M2012	96
FIGURA 45. SELECCIÓN DE ALARMAS EN EL M2012	97
FIGURA 46. SELECCIÓN DE CONTROLADORA DE ESTACIONES BASE (BSC) EN EL M2012	97
FIGURA 47. EXPORTAR ARCHIVOS DEL M2012 EN .XLS.	98
FIGURA 48. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EXPORTADA DEL M2012	99
FIGURA 49. HERRAMIENTA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE	100
FIGURA 50. CONTROL DE COMBUSTIBLE Y FACTORES DE CORRECCIÓN.	100

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. RENDIMIENTO DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN.	46
TABLA 2. ELECCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD.	89
TABLA 3. CALCULO EN EXCEL DE LA DISPONIBILIDAD 2010 ESTACIÓN YONDO	93
TABLA 4. CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD INHERENTE PARA LOS AÑOS 2010, 2011, 2012.	101
TABLA 5. PRIORIZACIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE ACUERDO A LA INDISPONIBILIDAD	108



## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. MANUAL DE INSTALACIÓN ALARMA ENCENDIDO DE  
MOTOGENERADORES

118

## RESUMEN

**TITULO:** MONITOREO Y GESTIÓN REMOTA DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE A TRAVÉS DE UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL GSM (GLOBAL MOBILE SYSTEM) PARA TRAZAR EL AUMENTO DE DISPONIBILIDAD POR MEDIO DEL MODELO CMD (CONFIABILIDAD-MANTENIBILIDAD-DISPONIBILIDAD)<sup>1</sup>

**AUTOR(ES):** MANUEL ALEXANDER CARREÑO ORTIZ, DANIEL ANDRES VILLADA SALAZAR<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVES:** Confiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad, Motogenerador, Telecomunicaciones GSM, CMD, Enfoque Sistémico, Redes de Transmisión de Datos.

**DESCRIPCIÓN:** Con la finalidad de mejorar la disponibilidad de los equipos de transmisión en una empresa de telecomunicaciones en esta monografía se explica y se aplica la metodología CDM específicamente en la gestión remota del consumo de combustible de los motogeneradores utilizados en las plantas de emergencia que evitan el corte del servicio al mantener con energía eléctrica a las estaciones de transmisión.

El enfoque sistémico que se presenta permite definir los elementos de un sistema, establecer unos niveles jerárquicos y definir las premisas y normas para la comunicación entre los elementos que se relacionan y a partir de estos principios se pueden desarrollar las leyes generales sobre las que se sustenta la metodología CMD.

Se aplicó la disponibilidad genérica en este caso sugerida por algunos autores reconocidos para empresas solo registran los eventos de Up Time o tiempos en funcionamiento y los tiempos de Down Time tiempos en que no esta funcionando y para empresas que empiezan a aplicar la metodología CMD

Para la aplicación de la metodología CMD se cuenta con dos herramientas: un sistema de administración de datos llamado M 2012 que registra todas los eventos de falla que se presentan en cada una de las estaciones y una aplicación llamada Pegaso que permite calcular los indicadores de disponibilidad de red, desplegar reportes tabulares y gráficos

Finalmente se realizaron cálculos de disponibilidad desde el año 2010 hasta el mes de septiembre del año 2012 y se compararon los resultados después de implementar un procedimiento que permite el control del consumo de combustible en los motogeneradores de cada una de las estaciones. El procedimiento se desarrolla desde la obtención de los datos, el análisis de los mismos, el cálculo de la disponibilidad, hasta instalación de la alarma y la herramienta utilizada para el control del consumo de combustible.

---

<sup>1</sup> Monografía de grado

<sup>2</sup> Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Roger Vargas.

## SUMMARY

TITLE: MONITORING AND REMOTE MANAGEMENT OF FUEL THROUGH A MOBILE PHONE NETWORK GSM (GLOBAL SYSTEM MOBILE) TO VIEW THROUGH INCREASED AVAILABILITY MODEL CMD (RELIABILITY-MAINTAINABILITY-AVAILABILITY-)<sup>3</sup>

AUTHOR (S): MANUEL ALEXANDER CARREÑO ORTIZ, DANIEL ANDRES VILLADA SALAZAR<sup>4</sup>

KEYWORDS: Reliability, Maintainability, Availability, generator, GSM Telecommunications, CMD, Systems Approach, Data Transmission Network.

DESCRIPTION: In order to improve availability in a telecommunications company in this monograph is explained and applied CDM methodology specifically in remote management of fuel consumption of motor generators used in emergency plants that avoid cutting service maintain electricity transmission stations.

The systemic approach is presented to define the elements of a system, establish hierarchies and define the assumptions and rules for communication between the items listed and from these principles can develop general laws that underpin the CMD methodology.

Generic availability was applied in this case suggested by some authors recognized for companies only record events or Up Time running times and times of Down Time time when not working and businesses are beginning to apply the methodology CMD

For the application of the methodology CMD has two tools: a data management system called M 2012 which records all fault events that occur in each of the stations and an application called Pegasus that calculates availability indicators network, display tabular and graphical reports

Lastly availability calculations were made from 2010 until September 2012 and compared the results after implementing a procedure that allows control of fuel consumption of motor generators in each of the seasons. The method proceeds from the data collection, analysis thereof, the availability calculation until installation of the alarm and the tool used for the fuel control.

---

<sup>3</sup> Monograph grade.

<sup>4</sup> Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Roger Vargas.



## INTRODUCCIÓN

La disponibilidad y la calidad en el servicio de las telecomunicaciones deja de ser un reto de las empresas para convertirse en una obligación, y quizá la más importante, para los operadores de telefonía móvil en Colombia. Los mismos se deben acoger a lo estipulado en la resolución 3067 del 2011 del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, donde se estipulan los indicadores mínimos sobre los cuales los operadores deben enfocar sus esfuerzos para brindar a los clientes un mejor servicio. Es por ello que cualquier esfuerzo que se realice encaminado en aumentar la disponibilidad, aun en unas decimas, siempre será bien recibido. La presente monografía es un pequeño aporte para esta labor. La misma pretende llevar al lector de una manera sencilla por el mundo de las telecomunicaciones, de los equipos que comprenden las redes de telefonía móvil y de los sistemas a nivel energético que sirven de soporte para mantener el servicio cuando los proveedores de energía comercial, electrificadoras, tienen problemas sobre las redes de distribución. Así mismo muestra como a través de los objetivos propuestos en el anteproyecto, principalmente el de implementar una metodología y un sistema de alarma para detectar el encendido de los motogeneradores (soportes de energía de las estaciones de telecomunicaciones), controlar el desabastecimiento de combustible provocado por la falta de gestión de la operación de estas máquinas, lo cual permitirá realizar un suministro de combustible oportuno a través del análisis de los reportes que se generan con esta alarma, con el fin de aumentar la disponibilidad al disminuir la ocurrencia de esta falla lo anterior tratado desde un punto de vista gerencial y técnico enmarcado bajo el modelo CMD (Confiabilidad-Mantenibilidad-Disponibilidad), sobre el cual se fundamenta el análisis de la información. Es así como finalmente se logra hilvanar lo administrativo, lo teórico y lo técnico para cumplir con los objetivos trazados en esta monografía.

## **1. ELEMENTOS QUE CONFORMAN UNA RED DE TELECOMUNICACIONES GSM - GLOBAL SYSTEM MOBILE.**

El Sistema Global para comunicaciones Móviles GSM, por sus siglas en inglés, es un estándar para las comunicaciones móviles. Este estándar fue desarrollado por el Instituto Europeo de Estándares en Telecomunicaciones ETSI.

Dentro de ETSI, existe un grupo de trabajo especial denominado Grupo especial Móvil SMG, responsable del estándar GSM<sup>5</sup>.

Los elementos de mayor relevancia en las redes de telecomunicaciones móviles son los que se explican a continuación.

### **1.1 RED PÚBLICA MÓVIL TERRESTRE (PLMN)**

Una red pública móvil terrestre, (PublicLand Mobile Network), por sus siglas en inglés, es una red establecida y operada por un operador licenciado por un estado con el propósito específico de proporcionar servicios públicos de comunicación terrestre móvil<sup>6</sup>.

### **1.2 RADIO CELDA**

Una radio celda, es el área de servicio más pequeña en una PLMN. El término “celda” proviene de las formas que se observan en un panel de abejas, de las cuales así mismo se conforman las áreas de cobertura en una PLMN.

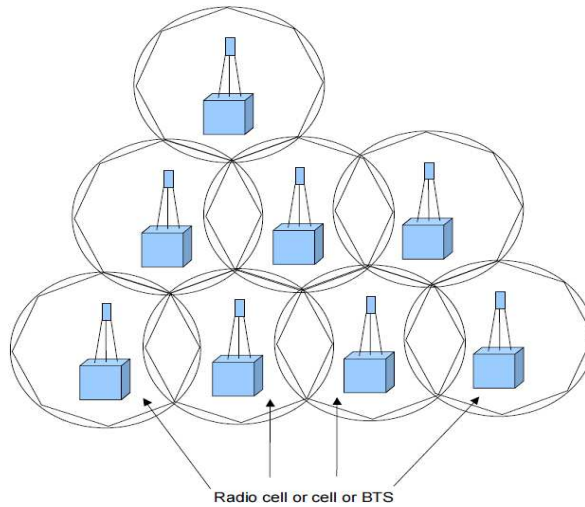
Una celda consiste de una estación base transmisora sobre un área pequeña representada por un hexágono (figura 1). El área total de una PLMN es cubierta por un gran número de radio celdas, también llamadas estaciones base transmisoras – receptoras (Base Transceiver Station) BTS por sus siglas en inglés.

---

<sup>5</sup> SIEMENS, D900/D1800/D1900 Overview, MN1780EUMN\_0001. 2000. P.4.

<sup>6</sup>Ibid.P.5.

Figura 1. Radio Celdas



Fuente:SIEMENS, D900/D1800/D1900 Overview

La máxima cobertura de una radio celda esta en un radio de 35 kilómetros en una arquitectura D900 (banda de licenciamiento en 900 megahertz), y de 8 kilómetros en una arquitectura de D1800/D1900 (banda de licenciamiento a 1800n y 1900 megahertz) <sup>7</sup>.

### 1.3 ESTACIONMÓVIL (MS)

Una estación móvil (Mobile Station) MS por sus siglas en ingles, es un equipo de radio necesario para que un suscriptor acceda a los servicios proporcionados por un PLMN. En otras palabras son los teléfonos; estas estaciones móviles también pueden ser fijas, si están ubicadas en un vehículo o en una vivienda <sup>8</sup>.

### 1.4 MODULO DE IDENTIDAD DEL SUSCRIPTOR(SIM)

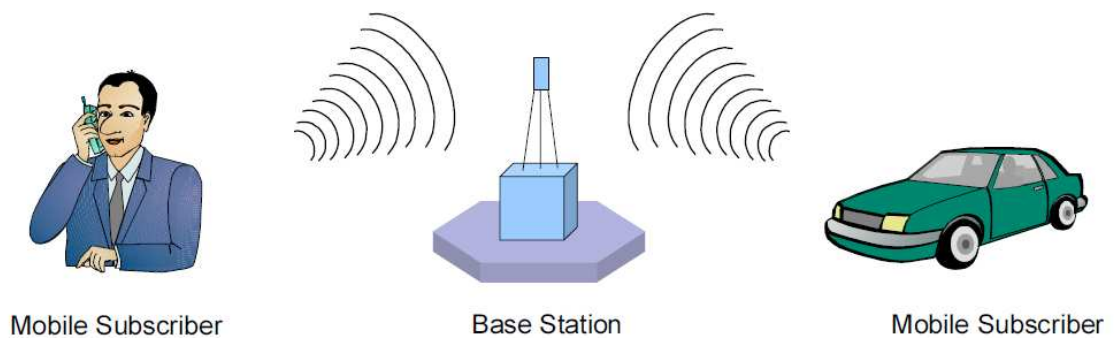
El modulo de identidad del suscriptor (SubscriberIdentity Module) o SIM por sus siglas en ingles, proporciona una identidad a la estación móvil. La estación móvil solo podrá cursar llamadas de emergencia si no posee una SIM.

<sup>7</sup> SIEMENS, D900/D1800/D1900 Overview, MN1780EUMN\_0001. 2000. P.6.

<sup>8</sup> Ibíd. P5.

La SIM es una pequeña tarjeta con un microprocesador y memoria<sup>9</sup>.

Figura 2. Suscriptor móvil



Fuente:SIEMENS, D900/D1800/D1900 Overview

## 1.5 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ESTACIONES BASE (BSS)

El sistema de estaciones base (Base StationSystem) o BSS por sus siglas en ingles, contempla los siguientes elementos:

### 1.5.1 Estaciones Base Transmisoras receptoras

(Base TransceiverStationEquipment) BTSE por sus siglas en ingles, comprende el equipo trasmisor y receptor de radio, incluidas las antenas, también se encarga del procesamiento específico de la señalización de la interfaz de radio. La BTSE contiene uno o mas transceiver (TRX) y puede servir de conexión hasta para tres BTSE en su función (Drop and insert) derivar y agregar. Algunas de las características de las BTSE son:

- Transmitir y recibir las señales de radio y señalización desde y hacia la estación móvil o teléfono celular como comúnmente se denominan.
- Establecer la comunicación entre las redes móviles y la estación móvil.

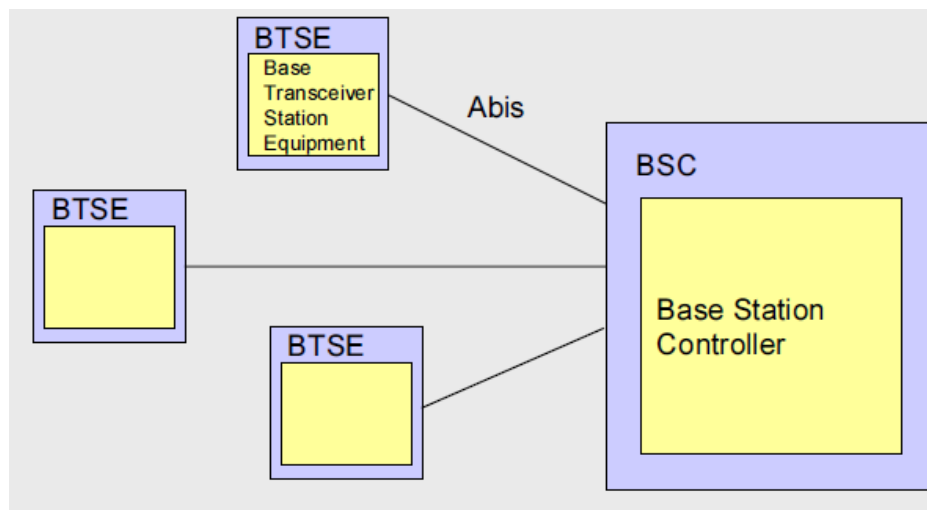
<sup>9</sup> Ibíd. P. 6.

### 1.5.2 Controlador de Estaciones Base

(Base Station Controller) o BSC por sus siglas en inglés, es responsable de las funciones inteligentes del Sistema de estaciones base. La BSC asigna la conexión a los canales de tráfico desde el Subsistema de Conmutación (Switching Subsystem) SSS por sus siglas en inglés, hasta las estaciones bases (Base Transceiver Station Equipment) BTSE. Además controla el conjunto de BTSE asociadas a una zona específica, administra las frecuencias y controla la conmutación entre las BTSE<sup>10</sup>. Algunas de sus funciones son:

- Controlar y gestionar las BTSEs.
- La creación y liberación de conexión de llamadas.
- Distribución de flujos digitales de servicios.
- Reenvío de mensajes de señalización digitales.
- Implementación del control de potencia.
- Administración de las fuentes de radio.
- Proporcionar conexiones fiables de radio por transferencias diferentes.

Figura 3. Componentes de un Sistema de Estaciones Base.



Fuente: SIEMENS, D900/D1800/D1900 Overview.

<sup>10</sup>Ibíd. P. 12.



## 1.6 COMPONENTES DEL SUBSISTEMA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (OMS)

El seguimiento y gestión a los componentes del sistema de estaciones base BSS se puede realizar centralizada y remotamente mediante el subsistema de operación y mantenimiento (Operación and MaintenanceSubsystem) OMS por sus siglas en inglés.

El OMS se realiza en el NOC (Network Operation Center) Centro de Operaciones de Red, este NOC administra los elementos asociados de la red BSS dentro de la red global del PLMN.

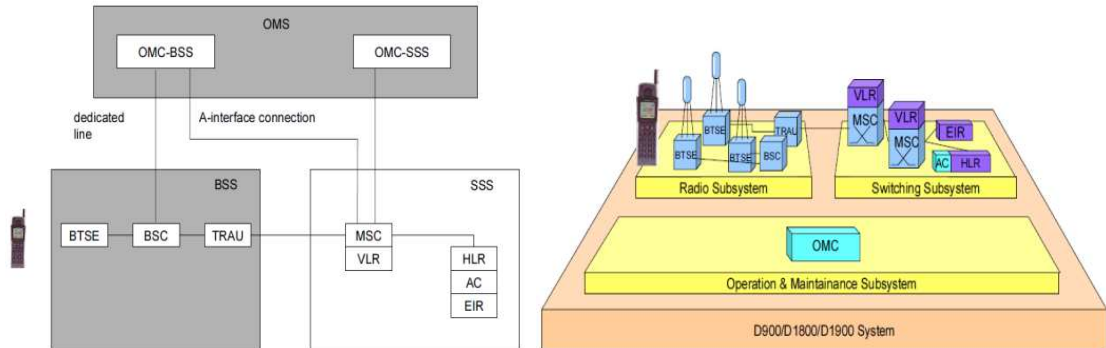
Hay dos posibilidades de conexión entre la BSC y el OMS:

- Ya sea a través de una línea dedicada
- conexión vía la interfaz A (conexión entre la BSC y la MSC)

Para el caso de estudio, la conexión entre las diferentes BSCs que contienen a su vez todas las BTSE de una PLMN, y las plataformas del OMS se realiza con un canal dedicado, el cual es de uso exclusivo y por el cual se gestiona todas las fallas de las estaciones bases BTSE<sup>11</sup>. Esta plataforma se conoce como M2012, la misma es donde se gestiona y almacenan todos los eventos relacionados con fallas. En términos de la presente monografía, solo se hace énfasis en el OMS de la plataforma de BSS, ya que sobre dicha plataforma se extrae la información para determinar los tiempos de fallas y con estos calcular la disponibilidad objeto de estudio.

<sup>11</sup> SIEMENS, D900/D1800/D1900 Overview, MN1780EUMN\_0001. 2000. P.26.

Figura 4. Conexiones entre el OMS y BSS, SSS; topología Jerárquica.



Fuente:SIEMENS, D900/D1800/D1900 Overview

### 1.6.1 Herramienta de gestión y almacenamiento de Logs (registros) de eventos y alarmas – M2012.NManager

M2012 es un sistema de administración de los elementos que conforman una red de telefonía móvil, en adelante M2012; desarrollada por la misma compañía que suministra los elementos de redNE (Network Element) en inglés. Entre sus funciones están las siguientes:

- Centralizar la gestión de fallas.
- Centralizar la gestión del desempeño de la red.
- Centralizar la gestión de configuración de los NE (Network Element).
- Centralizar la gestión de la topología de red.
- Centralizar la gestión de seguridad en los accesos.
- Administración de los perfiles de usuario de la herramienta.

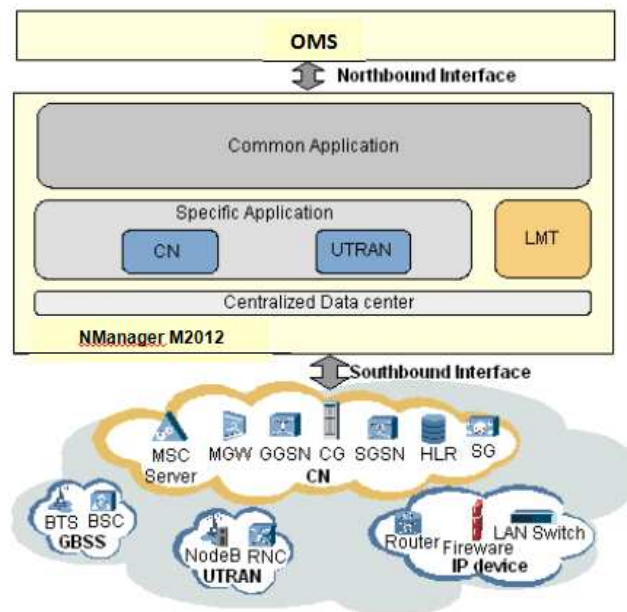
Los elementos de red NE que puede gestionar incluyen: redes UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network), Red de Acceso de Radio Terrestre Universal, Sistema GBSS (GSM Base StationSystem), Sistema de estaciones base de la red

GSM, Red Central (CN - Core Network), entre otros elementos. Adicional el M2012 gestiona los dispositivos de redes IP usados en las redes móviles<sup>12</sup>.

### 1.6.1.1 Posición del M2012 en la red.

En las redes de gestión de telecomunicaciones, TMN por sus siglas en ingles, M2012 esta ubicada en la capa de gestión de elementos, EM-Layer (Element Management layer), ver figura 5. Las TMN proporcionan una interfaz de gestión en el subsistema de operación y mantenimiento OMS<sup>13</sup>.

Figura 5. Posición del M2012 en la red.

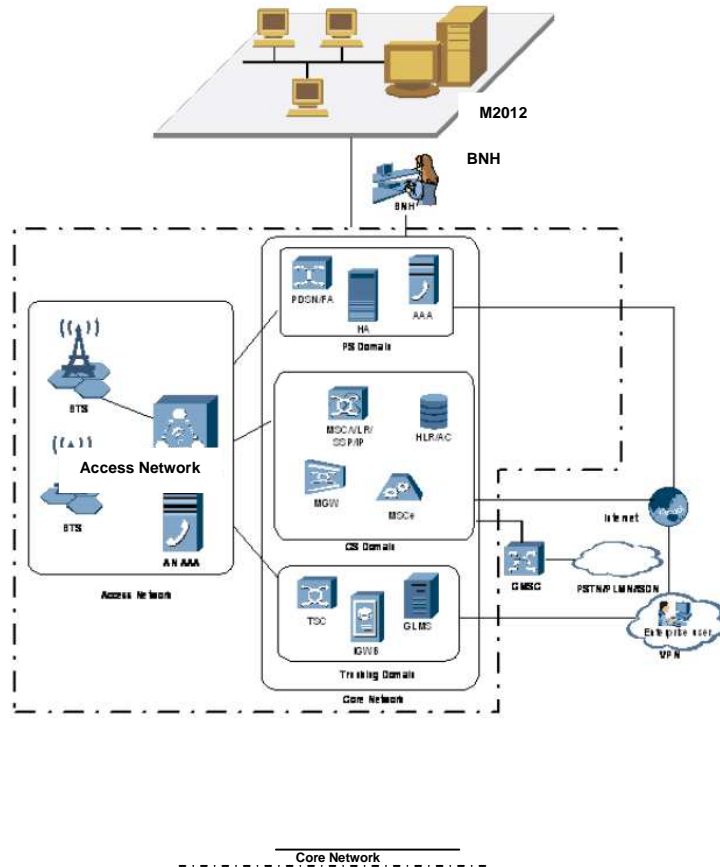


Fuente:Confidencial

<sup>12</sup> Sistema de información de la compañía, Confidencial.

<sup>13</sup> *Ibid.*

Figura 6. Arquitectura Jerárquica del M2012 en una red GSM



Fuente:Confidencial.

### 1.6.1.2 Elementos de red NE gestionados por M2012.

Los NE gestionados por M2012 están divididos en cuatro grupos, los UMTS NE (Sistema universal de telecomunicaciones móviles en inglés, Universal Mobile TelecommunicationsSystem o UMTS), GBSS NE (elementos de las redes GSM), CDMA NE (elementos de las redes CDMA, Acceso Múltiple por División de Códigos), WiMAX NE (Elementos de las redes Wi MAX), IMS NE (IP Multimedia Subsystem) es una arquitectura de referencia genérica para ofrecer servicios multimedia sobre infraestructura IP, y dispositivos sobre infraestructura IP<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> Sistema de información de la compañía, confidencial.



- UMTS NEs. El M2012 gestiona los siguientes elementos de red en las redes en el Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles:
  - Nodos B, son equipos similares a las BTSE solo que funcionan para redes de datos móviles, adicional también presta servicios de voz.
  - Redes controladoras de Radio RNC (Radio Network Controller), son equipos similares a las BSCs con la diferencia que controlan todo el tráfico de datos entre los Nodos B.
  
- GBSS NEs. El M2012 gestiona los siguientes elementos de red en los Sistemas de Estaciones Base (BSS) de las redes GSM:
  - Estaciones Base Transmisoras receptoras (BTSE).
  - Controlador de estaciones Base (BSC)
  - Controlador de Paquetes de unidades (PCU), equipo que controla el empaquetamiento de datos que trafican las BTSE en modos EDGE y GPRS, primeras versiones de navegación sobre redes GSM.
  
- CN NEs. El M2012 gestiona los siguientes elementos de red en la red central (Core Network - CN):
  - Centros de conmutación Móvil (MSC).
  - Servidores de los centros de conmutación Móvil (MSC server).
  - Media Gate-Way (MGW), hacen posible la interconexión entre circuitos de las redes GSM.
  - Registros de ubicación Base (HLR) o Home Location Register, es una base de datos que almacena la ubicación de cada usuario dentro de la red, si está conectado o no y las características del abonado, servicios a los cuales puede o no acceder, tipo de terminal etc.
  
- WiMAXNEs. El M2012 gestiona los siguientes elementos de red en las redes WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), interoperabilidad

mundial para acceso por microondas; el cual es un estándar de transmisión de datos en las frecuencias de 2,3 a 3,5 Ghz.

- Estaciones Base de WiMAX (BS).
  - Servicios de Acceso a red gateway (ASN-GW)
  - Servidores de Autenticación, autorización y Contabilidad (AAA Server).
- Dispositivos de Redes IP NEs. El M2012 también controla los siguientes dispositivos de redes IP:
- Enrutadores (Routers).
  - Conmutadores Seriales (Switch Series).
  - Cortafuegos Seriales (Firewall Series).

Para el caso de estudio el M2012 será utilizado para obtener los registros de entrada en operación de las plantas después de una falla de energía, con el fin de cuantificar el tiempo de operación y por medio de este controlar el consumo de combustible.

### **1.6.2 Herramienta de almacenamiento de eventos de indisponibilidad – Pegaso.**

Es una aplicación webinhouse (Diseñada en el NOC de la empresa de telecomunicaciones del caso de estudio), que permite calcular los indicadores de disponibilidad de red, desplegar reportes tabulares y gráficos. Esta desarrollada en su totalidad en PHP y MySQL.

El proceso inicial de captura de datos se realiza descargando los archivos planos generados cada plataforma de gestión del OMS (Operation and MaintenanceSubsystem), cada proveedor o marca de tecnología tiene su plataforma de gestión; después de esta descarga de datos los mismos son alojados en el SAS (StatisticalAnalysis Software o Programa de Análisis Estadístico) donde se sube a la Base de Datos (Data Base- DB) de MySQL.

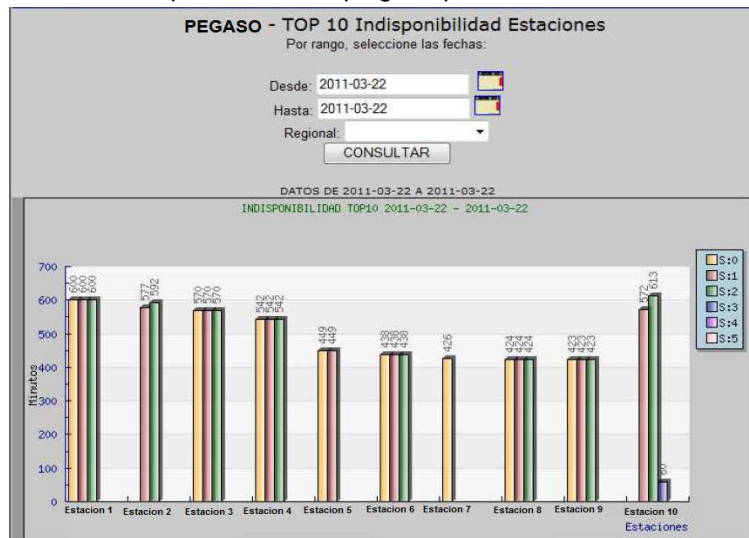


En el Crontab, comando usado para ejecución periódica de comandos en las plataformas Unix, Linux o similares;este comando genera los archivos que se obtienen de la ejecución de dichos comandos, de este script encuentra los archivos planos generados por las plataformas los cuales son subidos a las bases de datos<sup>15</sup>.

Posteriormente se procesa y estandariza la información y hace los cruces de eventos de indisponibilidad generados para poder determinar si hubo una Ventana de mantenimiento asociada, en cuyo caso la indisponibilidad generada por fallas no se tiene en cuenta.

El despliegue de la información depende de la necesidad del usuario, pudiendo requerir de la herramienta desde el top de sitios con mayor indisponibilidad en un periodo de tiempo determinado, hasta separar la indisponibilidad por tipo de fallas, y múltiples funciones que permiten realizar reportes de tipo gerencial. A continuación varias figuras de la forma en que la herramienta muestra dichos reportes.

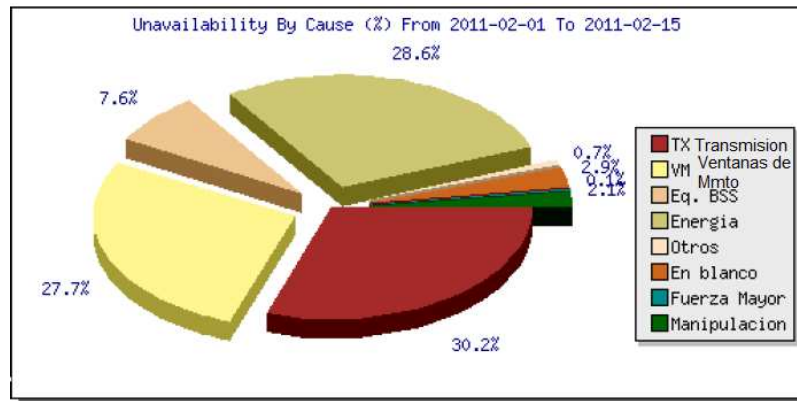
Figura 7. Muestra de indisponibilidad desplegada por herramienta PEGASO



Fuente:Confidencial.

<sup>15</sup> Sistema de información de la compañía, confidencial.

Figura 8. Indisponibilidad de forma grafica desplegada por herramienta PEGASO según el tipo de falla.



Fuente:Confidencial.

Como se comenta, dependiendo de la necesidad del usuario, se pueden extraer archivos planos, los cuales son manipulados y de acuerdo a la información que se requiere. Para el caso de estudio se toma toda la indisponibilidad causada en todas las estaciones de la regional oriente ocasionadas por fallas de energía y luego se le dé el enfoque requerido.

## 2. REDES DE TRANSMISIÓN DE DATOS

Se denomina red de transmisión de datos al conjunto formado por los equipos y los medios físicos y lógicos que permiten la comunicación de información entre diferentes usuarios a cualquier distancia que se encuentren. Son aquellas que utilizan dispositivos eléctricos, electromecánicos u ópticos, o la combinación de estos, para transmitir información desde donde se produce hasta donde se utiliza. Para que la información se pueda transmitir a través de un sistema eléctrico de comunicaciones se debe convertir de su forma física original a energía eléctrica. En esta forma de energía la información se conoce como señal (representada como onda eléctrica) y el proceso de conversión recibe el nombre de transducción<sup>16</sup>.

La transmisión inalámbrica es la base de la telefonía celular puesto que toda la interacción entre los teléfonos o estaciones móviles y las estaciones base se hace a través del “aire”, utilizando la energía electromagnética generada por la radio frecuencia en el espacio.

La energía electromagnética es la combinación de campos eléctricos y magnéticos vibrando entre sí, comprende a la corriente eléctrica alterna, las señales eléctricas de voz, a las ondas de radio, a la luz infrarroja, a la luz visible, a la luz ultravioleta y a los rayos X, gamma y cósmicos. Cada uno de ellos constituye una porción del espectro electromagnético<sup>17</sup>. Véase la figura 9.

---

<sup>16</sup> HERRERA PÉREZ, Enrique. Tecnologías y Redes de Transmisión de Datos. México: Limusa, 2003. P. 20

<sup>17</sup> BEHROUZ A, Forouzan. Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones. España: McGraw-Hill, 2002 P. 181.

Figura 9. Espectro Electromagnético.



Fuente: Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones.

La transmisión de las señales (datos y voz) generadas en los teléfonos celulares y que llegan a los equipos BTSE por el medio antes descrito, a su vez se re-transmite desde las estaciones base(BTSE) hacia las BSCs y demás plataformas por dos medios como se describe a continuación.

- Medios Guiados.
- Medios No Guiados.

## 2.1 MEDIOS GUIADOS

Los medios guiados son aquellos que proporcionan un conductor de un dispositivo al otro e incluyen cables de pares trenzados, cables coaxiales y fibra óptica. Una señal viajando por cualquiera de estos medios es dirigida y contenida por los límites físicos del medio. El par trenzado y el cable coaxial usan conductores metálicos (cobre) que aceptan y transportan las señales de corriente eléctrica. La fibra óptica es un cable de cristal o plástico que acepta y transporta las señales en forma de luz <sup>18</sup>.

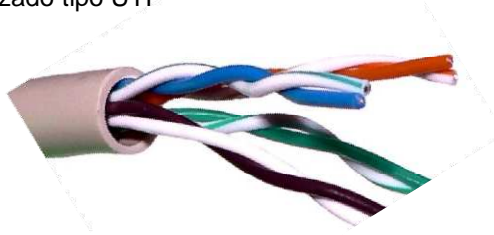
Los cables de pares trenzados mas conocidos son:

<sup>18</sup> BEHROUZ A, Forouzan. Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones. España: McGraw-Hill, 2002 P. 181.

### 2.1.1 Cable UTP.

Cable de par trenzado sin blindaje (Unshielded Twisted Pair) es el tipo de cable más frecuente de medio de comunicación que se usa actualmente, ver figura 10. Aunque es el más familiar por su uso en los sistemas telefónicos, su rango de frecuencias es adecuado para transmitir tanto datos como voz, entre 100 Hz a 5 MHz<sup>19</sup>.

Figura 10. Cable de par trenzado tipo UTP

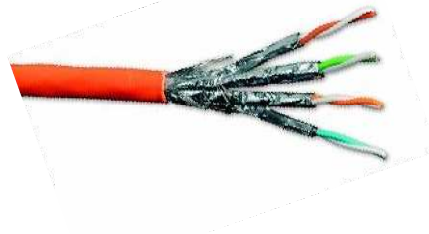


Fuente. Wikipedia.

### 2.1.2 Cable STP.

Cable de par trenzado blindado (Shielded Twisted Pair) tiene una funda de metal o un recubrimiento de malla entrelazada que rodea los pares de conductores aislados. La cubierta de metal evita que penetre ruido electromagnético, también elimina un fenómeno conocido como interferencia, que es un efecto indeseado de un circuito o canal sobre otro circuito o canal. El STP tiene las mismas consideraciones de calidad y usa los mismos conectores que el UTP, pero es necesario conectar el blindaje a tierra<sup>20</sup>.

Figura 11. Cable de par trenzado tipo STP



Fuente. Mariuwebblog.

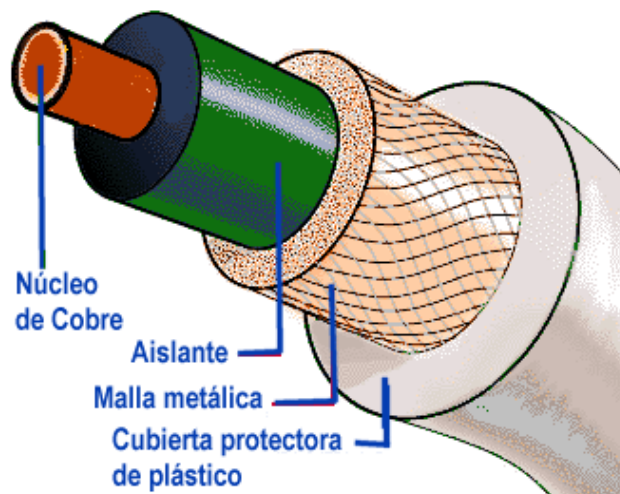
<sup>19</sup> Ibid. P.183.

<sup>20</sup> Ibid. P.184.

### 2.1.3 Cable coaxial.

El cable coaxial transporta señales con rangos de frecuencias más altos que los cables de pares trenzados (100kHz a 500Mhz), en parte porque ambos medios están contruidos de forma bastante distinta. En lugar de tener dos hilos, el cable coaxial tiene un núcleo conductor central formado por un hilo solido o enfilado (habitualmente de cobre) recubierto por un aislante de material dieléctrico, que esta a su vez recubierto por una hoja exterior de metal conductor, malla o una combinación de ambas (también habitualmente de cobre). La cubierta metálica exterior sirve como blindaje contra el ruido y como un segundo conductor lo que completa el circuito. Este conductor exterior esta también recubierto por un escudo aislante y todo el cable esta protegido por una cubierta de plástico<sup>21</sup>.

Figura 12. Cable Coaxial



Fuente. Electricidad básica de webricopage.

### 2.1.4 Fibra Óptica.

La F.O como comúnmente es llamada, esta contruida de plástico o de cristal y transmite las señales en forma de luz. Para comprender como funciona es importante conocer varios aspectos de la naturaleza de la luz. La luz es una forma

<sup>21</sup> Ibid. P.186.



de energía electromagnética, que alcanza su máxima velocidad en el vacío 300.000 kilómetros/segundo. La velocidad de la luz depende del medio por el que se propaga, cuando mas alta es la densidad mas baja es la velocidad<sup>22</sup>.

Algunas de las consideraciones a tener en cuenta sobre la fibra óptica son las siguientes.

#### **2.1.4.1 Refracción.**

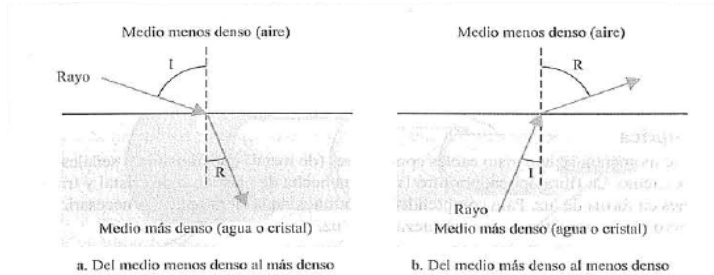
La luz se propaga en línea recta siempre y cuando se mueva en una misma sustancia uniforme. Si el rayo de luz entra en contacto con otro tipo de sustancia, la velocidad cambia abruptamente y a su vez cambio la dirección, este cambio se denomina refracción. Un rayo que se mueva de una sustancia menos densa a una más densa se curva hacia el eje vertical, los dos ángulos formados por el rayo de luz en relación al eje vertical se denominan I, para el incidente, y R, para el refractado, Figura 13a. en este caso el ángulo R es mayor que el ángulo I. Sin embargo en la figura 13b se puede observar cuando un rayo entra de un medio mas denso a uno menos denso, en este caso el valor del ángulo I es mas pequeño que el del ángulo R. En otras palabras, cuando la luz penetra en un medio mas denso, el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo de refracción, y cuando penetra en un medio menos denso el ángulo de incidencia es menor que el ángulo de refracción.

La tecnología de la fibra óptica hace uso de las propiedades de la figura 13b para controlar la propagación de la luz a través de un canal de fibra<sup>23</sup>.

<sup>22</sup> BEHROUZ A, Forouzan. Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones. España: McGraw-Hill, 2002 P. 181.

<sup>23</sup> Ibid. P.188.

Figura 13. Refracción



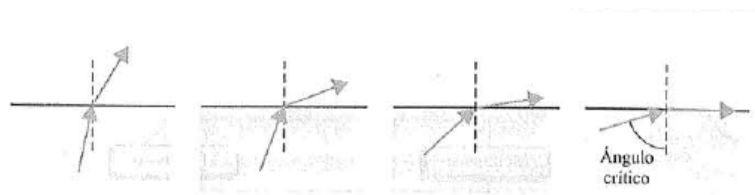
Fuente. Trasmisión de Datos y Redes de comunicaciones.

#### 2.1.4.2 Ángulo crítico.

Examinemos la figura 14, vemos un rayo que se mueve de un medio denso a uno menos denso. Sin embargo en este ejemplo se incrementa gradualmente el ángulo de incidencia medido desde la vertical. A medida que se incrementa el ángulo de incidencia, también lo hace el ángulo de refracción, este se aleja gradualmente de la vertical y se hace cada vez más próximo a la horizontal.

En algún punto de este proceso, el cambio del ángulo de incidencia da como resultado un ángulo de refracción de 90 grados, de forma que el rayo refractado se mueve a lo largo de la horizontal. El ángulo de incidencia en este punto es el que se conoce como ángulo crítico<sup>24</sup>.

Figura 14. Ángulo Crítico



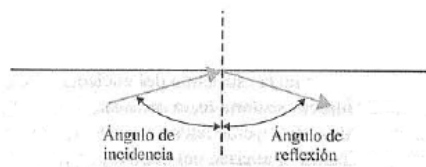
Fuente. Trasmisión de Datos y Redes de comunicaciones.

<sup>24</sup> Ibid. P.189.

### 2.1.4.3 Reflexión.

Cuando el ángulo de incidencia se hace mayor que el ángulo crítico se produce un fenómeno llamado reflexión, o más exactamente reflexión completa, ya que algunos modelos de reflexión coexisten con la refracción. En este caso no pasa nada de luz en el medio menos denso, porque el ángulo de incidencia siempre es igual al ángulo de reflexión, figura 15<sup>25</sup>.

Figura 15. Reflexión



Fuente. Trasmisión de Datos y Redes de comunicaciones.

La fibra óptica utiliza la reflexión para transmitir la luz a través de un canal. Un núcleo de cristal o plástico se rodea de una cobertura de cristal o plástico menos denso, la diferencia de densidad de ambos materiales debe ser tal que el rayo de luz que se mueve a través del núcleo sea reflejado por la cubierta en lugar de ser refractado por ella. La información se codifica dentro del rayo de luz como series de destellos encendido – apagado que representan los bits uno y cero.

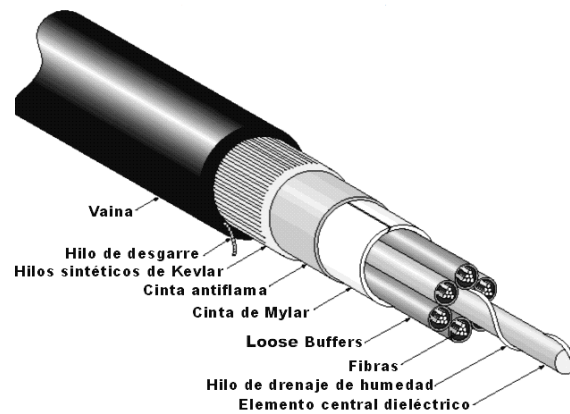
Existen dos modos de propagación de la luz en la fibra óptica, el Monomodo y el Multimodo. El monomodo consiste en utilizar una fuente de luz muy enfocada que limita los rayos a un rango muy pequeño de ángulos todos cerca de la horizontal. Las fibras monomodo se fabrican con diámetros mucho más pequeños que la multimodo y con más densidad, lo cual da como resultado un ángulo más crítico cerca a los 90 grados para hacer que la propagación del rayo sea casi horizontal; en este caso la propagación de los distintos rayos es casi idéntica y los retrasos

<sup>25</sup> Ibid. P.189.

son despreciables. Todos los rayos llegan al destino juntos y se pueden recombinar sin distorsionar la señal. En las fibras multimodo, por su lado, hay múltiples rayos de luz de una fuente luminosa que se mueven a través del núcleo por caminos distintos; como se muevan estos rayos dentro del cable depende de la estructura del núcleo.

Composición del cable de fibra óptica. La fibra esta formada por un núcleo rodeado por una cubierta. En la mayoría de los casos la fibra esta cubierta por un nivel intermedio que la protege de la contaminación. Finalmente todo el cable esta encerrado por una carcasa exterior. Tanto el núcleo como cubierta pueden estar hechos de cristal o plástico pero deben ser de densidades distintas. Además, el núcleo interior debe estar ultra puro y completamente regular en forma y tamaño<sup>26</sup>.

Figura 16. Fibra óptica



Fuente. webyio

Ventajas de la fibra óptica. Las principales ventajas de la F.O sobre los cables de pares trenzados y el cable coaxial son: inmunidad al ruido, menor atenuación de la señal y mayor ancho de banda.

<sup>26</sup> BEHROUZ A, Forouzan. Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones. España: McGraw-Hill, 2002 P. 191.



Desventajas de la fibra óptica. Las principales desventajas de la fibra óptica sobre los demás cables de medios guiados son: Los costos, la instalación, el mantenimiento y la fragilidad<sup>27</sup>.

## 2.2 MEDIOS NO GUIADOS

Los medios no guiados, o comunicación sin cable, transportan ondas electromagnéticas sin el uso de un conductor físico. En su lugar las señales se radian a través del aire, y por tanto están disponibles para cualquiera que tenga un equipo capaz de aceptarlas<sup>28</sup>.

### 2.2.1 Asignación de radio frecuencia.

La selección del espacio electromagnético definido como comunicación de radio se divide en ocho rangos, denominados bandas, cada una de ellas reguladas por las autoridades gubernamentales. Estas bandas se clasifican desde frecuencia muy baja (VLF, VeryvLowFrequency) a frecuencias extremadamente altas (EHP, Extremely High Frequency). La figura 17 muestra los ocho anchos de banda y sus acrónimos.

### 2.2.2 Propagación de las ondas de radio.

La transmisión de ondas de radio utiliza cinco tipos de propagación distintos: superficie, troposférica, ionosfera, línea de vista o de visión y espacio, figura 18.

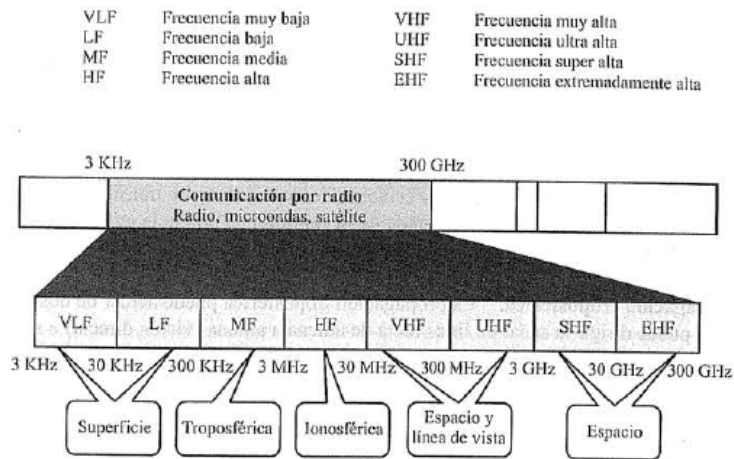
La tecnología de radio considera que la tierra esta rodeada de dos capas de atmosfera: la troposfera y la ionosfera. La troposfera es la porción de atmosfera que se extiende hasta aproximadamente 45 km desde la superficie de la tierra (en términos de radio, la troposfera incluye la capa de mayor altitud denominada la estratosfera) y contiene aquello en lo que generalmente se piensa como aire. Las nubes, el viento, las variaciones de temperatura y el clima en general ocurren en la

<sup>27</sup> *Ibíd.* P.194.

<sup>28</sup> *Ibíd.* P.194.

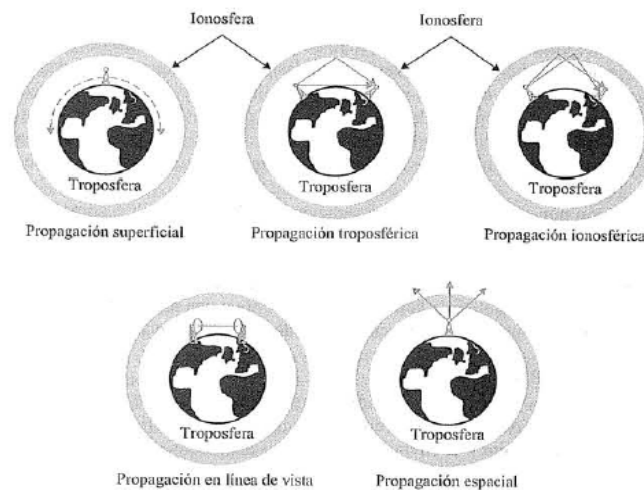
troposfera, al igual que los viajes en avión. La ionosfera es la capa de atmosfera por encima de la troposfera pero por debajo del espacio. Esta más allá de lo que se denomina como atmosfera y contiene partículas libres cargadas eléctricamente.

Figura 17. Bandas de comunicación por radio.



Fuente. Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones

Figura 18. Tipos de propagación.



Fuente. Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones



### **2.2.2.1 Propagación en la superficie.**

En la propagación de superficie, las ondas viajan a través de la porción mas baja de la atmósfera, abrazando la tierra. A las frecuencias mas bajas, las señales emanan en todas las direcciones desde la antena de transmisión y sigue la curvatura del planeta. La distancia de cobertura depende de la potencia en la señal: cuando mayor es la potencia mayor es la distancia; la propagación en superficie también puede tener lugar en el mar<sup>29</sup>.

### **2.2.2.2 Propagación troposférica.**

Puede actuar en dos formas. O bien se puede dirigir la señal en línea recta de antena a antena (visión directa) o se puede radiar con un cierto ángulo hasta lo limites superiores de la troposfera donde se refleja a la superficie de la tierra. El primer método necesita que la situación del receptor y el transmisor este dentro de la distancia de visión, limitadas por la curvatura de la tierra en relación a la altura de las antenas. El segundo método<sup>30</sup> permite cubrir distancias mayores<sup>30</sup>.

### **2.2.2.3 Propagación ionosférica.**

Las ondas de radio de más alta frecuencia se radian hacia la ionosfera donde se reflejan de nuevo hacia la tierra. La densidad entre la troposfera y la ionosfera hace que cada onda de radio se acelere y cambie de dirección, curvándose de nuevo hacia la tierra, este tipo de transmisión permite cubrir grandes distancias con menor potencia de salida<sup>31</sup>.

### **2.2.2.4 Propagación por visión directa.**

En ella se transmiten señales de muy alta frecuencia directamente de antena a antena siguiendo una línea recta. Las antenas deben ser direccionales estando enfrentadas entre si, y o bien suficientemente altas o suficientemente juntas para

---

<sup>29</sup> BEHROUZ A, Forouzan. Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones. España: McGraw-Hill, 2002 P. 196.

<sup>30</sup> *Ibid.* P.196.

<sup>31</sup> *Ibid.* P.196.



no verse afectadas por la curvatura de la tierra. Este tipo de transmisión es compleja porque las transmisiones de radio no se pueden enfocar completamente. Las ondas emanan hacia arriba y hacia abajo así como hacia adelante y se pueden reflejar sobre la superficie de la tierra o en partes de la atmósfera. Las ondas reflejadas que llegan a la antena receptora mas tarde que la porción directa de la transmisión pueden corromper la señal recibida<sup>32</sup>.

### **2.2.2.5 Propagación por el espacio.**

La propagación por el espacio utiliza como retransmisor satélites en lugar de refracción atmosférica. Una señal radiada es recibida por un satélite situado en órbita, que la reenvía de vuelta a la tierra para el receptor adecuado. La transmisión vía satélite es básicamente una transmisión directa con un intermediario (el satélite). La distancia al satélite es equivalente a una antena de súper alta ganancia e incrementa enormemente la distancia que puede ser cubierta por una señal.

La propagación que se usa en la radio-transmisión depende de la frecuencia (velocidad) a la que viaja la señal. Cada frecuencia es adecuada para una capa específica de la atmosfera y es mas eficiente si se transmite y se envía con tecnologías adaptadas a la capa que se requiere<sup>33</sup>.

### **2.2.3 Microondas Terrestres.**

Las microondas terrestres no siguen la curvatura de la tierra y por tanto necesitan equipo de transmisión y recepción por visión directa o por línea de vista como comúnmente se conoce. La distancia que se puede cubrir por visión directa depende principalmente de la altura a la cual esta ubicada la antena: cuanto más alto estén las antenas, mas largo es la distancia que se puede ver. La altura permite que la señal viaje mas lejos sin ser interferida por la curvatura del planeta

---

<sup>32</sup> Ibid. P.196.

<sup>33</sup> Ibid. P.197.



y eleva la señal por encima de muchos obstáculos de la superficie, como colinas bajas y edificios altos que de otra forma bloquearían la transmisión. Habitualmente las antenas están montadas sobre torres que a su vez están construidas sobre colinas o montañas.

Las señales de microondas se propagan en una dirección concreta, lo que significa que hacen falta dos frecuencias para la comunicación en dos sentidos, como por ejemplo una conversación telefónica. Una frecuencia se reserva para la transmisión en una dirección y la otra para la transmisión en la otra. Cada frecuencia necesita su propio transmisor y receptor. Actualmente, ambas partes del equipo se combinan habitualmente en un equipo llamado transceptor, lo que permite usar una única antena para dar servicio a ambas frecuencias y funciones<sup>34</sup>.

#### **2.2.3.1 Repetidores.**

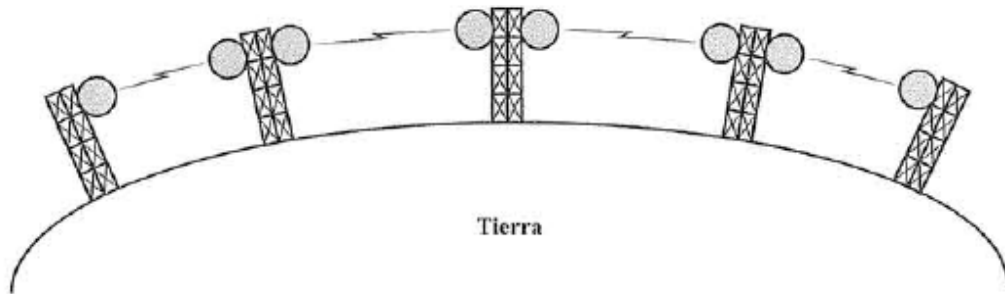
Para incrementar la distancia útil de las microondas terrestres, se puede instalar un sistema de repetidores por cada antena. La señal recibida por una antena se puede convertir de nuevo a una forma transmisible y entregarla a la antena siguiente, figura 19. La distancia mínima entre los repetidores varía con la frecuencia de la señal y el entorno en el cual se encuentra las antenas. Un repetidor puede radiar la señal regenerada a la frecuencia original o con una nueva frecuencia, dependiendo del sistema<sup>35</sup>.

---

<sup>34</sup> BEHROUZ A, Forouzan. Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones. España: McGraw-Hill, 2002 P. 199.

<sup>35</sup> *Ibid.* P.199.

Figura 19. Microondas terrestres.



Fuente. Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones

### 2.2.3.2 Antenas.

Para las comunicaciones con microondas se utilizan dos tipos de antenas: parabólicas y cornete.

- **Antena parabólica.** Se basa en la geometría de una parábola, cada línea paralela a la línea de simetría (línea de vista) refleja la curva en ángulos tales que inciden en un punto común denominado foco, figura 19. El plato parabólico funciona como un embudo, capturando un amplio rango de ondas y dirigiéndolas a un punto común, de esta forma se recupera más señal de lo que sería posible con un receptor de punto único<sup>36</sup>.

Figura 20. Antena parabólica.

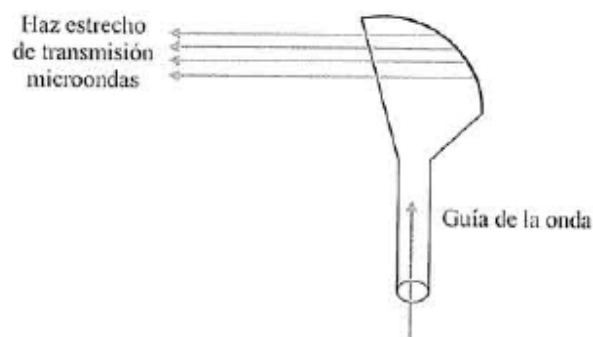


Fuente. Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones

<sup>36</sup> *Ibíd.* P.200.

- **Antenas cornete.** Se parecen a una cuchara gigante, las transmisiones de salida son radiadas hacia arriba de un mástil (que parece un mango) y deflexionadas hacia afuera en una serie de estrechos haces paralelos mediante la cabeza curvada, figura 21. Las transmisiones recibidas son recolectadas por la forma de cuchara de cornete, de forma similar a la antena parabólica y son deflexionadas mástil abajo<sup>37</sup>.

Figura 21. Antena Cornete.



Fuente. Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones

Las microondas terrestres con repetidores constituyen la base de la mayoría de los sistemas de telefonía contemporánea alrededor del mundo.

#### 2.2.4 Comunicación vía Satélite.

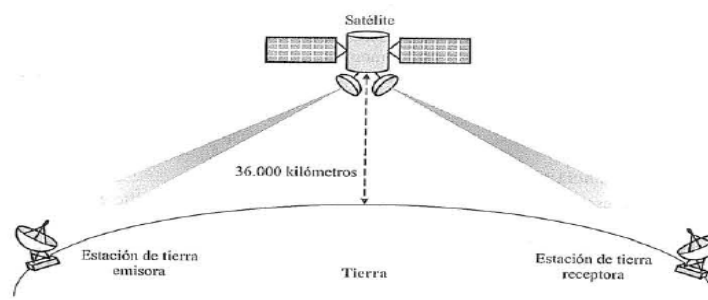
Las transmisiones vía satélite se parecen mucho más a las transmisiones con microondas por línea de vista, en la que las estaciones son satélites que están orbitando la tierra. El principio es el mismo que con las microondas terrestres, excepto que hay un satélite actuando como una antena súper alta y como repetidor, figura 22. Aunque las señales que se transmiten vía satélite siguen teniendo que viajar en línea recta, las limitaciones impuestas sobre la distancia por la curvatura de la tierra son reducidas. De esta forma, los satélites retransmisores

<sup>37</sup> Ibid. P.200.

permiten que las señales de microondas se puedan transferir de continentes y océanos con un único salto.

Las microondas vía satélite pueden proporcionar capacidad de transmisión a y desde cualquier localización en la tierra, sin importar lo remota que esta sea. Esta ventaja hace que las comunicaciones de alta calidad estén disponibles en lugares no desarrollados del mundo sin necesidad de hacer grandes inversiones en infraestructura en tierra. Por supuesto, los satélites en si mismos son extremadamente caros, pero alquilar tiempo o frecuencias de uno de ellos puede ser relativamente barato<sup>38</sup>.

Figura 22. Comunicación vía satélite.



Fuente. Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones

### 2.3 COMPARACIÓN DE LOS MEDIOS

Cuando se evalúa la viabilidad de un medio en particular para una aplicación específica, hay que tener en cuenta cinco factores: costo, velocidad, atenuación, interferencia electromagnética y seguridad.

- **Costo.** Costo de los materiales así como el costo de instalación.
- **Velocidad.** Máximo número de bits por segundo que un medio puede transmitir de forma fiable. Entre otros factores, la velocidad varía con la

<sup>38</sup> BEHROUZ A, Forouzan. Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones. España: McGraw-Hill, 2002 P.201.



frecuencia (frecuencias mas altas pueden transmitir mas bits por segundo), con el tamaño físico del medio y/o el equipo de transporte y con las condiciones del conductor.

- **Atenuación.** La atenuación es la tendencia de una señal electromagnética a debilitarse o distorsionarse con la distancia. Durante la transmisión, la energía de la señal puede resultar absorbida o disipada por el medio. Por ejemplo, la resistencia de un cable puede extraer energía de una señal y disiparla en forma de calor.
- **Interferencia electromagnética (EMI).** Es la sensibilidad del medio a la energía electromagnética externa que se introduce inadvertidamente en el enlace y que interfiere con la inteligibilidad de la señal. Efectos familiares de EMI son la interferencia estática (para el audio) y el efecto nivel (visual).
- **Seguridad.** Esta parte considera la protección frente a intrusos. ¿Con que facilidad puede un dispositivo no autorizado escuchar el enlace? Algunos medios, como las transmisiones de radio y los cables de par trenzado sin blindaje, son fácilmente interceptarles. Otros, como los cables de fibra óptica, son más seguros.

La tabla 1 compara los distintos medios basándose en las cualidades descritas anteriormente.

Tabla 1. Rendimiento de los medios de transmisión.

Medio de Transmisión	Costos	Velocidad	Atenuación	EMI	Seguridad
UTP	Bajo	1 -100Mbps	Alto	Alto	Bajo
STP	Moderado	1 - 150Mbps	Alto	Moderado	Bajo
Coaxial	Moderado	1Mbps - 1Gbps	Moderado	Moderado	Bajo
Fibra óptica	Alto	10Mbps - 1Gbps	Bajo	Bajo	Alta
Radio	Moderado	1 - 10Mbps	Bajo - Alto	Alto	Bajo
Microondas	Alto	1Mbps - 10Gbps	Variable	Alto	Moderado
Satélite	Alto	1Mbps - 10Gbps	Variable	Alto	Moderado

Fuente: Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones

Para tener una visión mas amplia de como se interrelacionan los diferentes elementos que conforman lo antes visto en los capítulos 1 y 2, sobre redes de comunicaciones móviles y redes de transmisión de datos, la figura 22 ilustra un poco como es la coexistencia de las redes de trasmisión, bien sea -entre la estación Móvil o Teléfono celular y la BTSE, entre la BTSE y la BSC y las demás plataformas.

Figura 23. Topología Típica de una red de telecomunicaciones.

### TOPOLOGIA TIPICA DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES



- BSC:** Base Station Controller (Cotrolador de estaciones Base)
- TX:** Red de Transmision de Voz y/o Datos.
- BTSE:** Base Transceiver Station Equipment (Equipo de estacion base receptora-trasmisora)
- OMS:** Operation & Maintainance Subsystem (Subsistema de Operacion y Mantenimiento)
- M2012:** Herramienta de almacenamiento de LOG (registro) de eventos o alarmas
- PEGASO:** Herramienta de almacenamiento de eventos de indisponibilidad
- MS:** Mobile Station (Terminal de acceso a la red).
- TG:** Tablero General de distribucion de energia
- Grupo Electrogeno**
- ATS:** Automatic Transfer Switch (Transferencia Automatica de energia)
- MG:** Motogenerador de respaldo de energia
- TANQUE:** Almacenamiento de combustible.

Fuente: Los Autores.



### 3. GRUPOSELECTRÓGENOS O PLANTAS DE EMERGENCIA

Se conoce como grupo electrógeno o plantas de emergencia, al sistema comprendido por el motogenerador, una transferencia automática o manual y el tanque de combustible. Ellos suministran corriente eléctrica al fallar la red de suministro comercial (habitual), encendiéndose de manera automática o manual.

Los criterios para la clasificación dependen de la forma en que los grupos realizan su arranque después de que ocurre la falla en las redes comerciales de energía; los mismos son<sup>39</sup>:

- Grupos Electrógenos de arranque manual.
- Grupos Electrógenos de arranque automático.
- Grupos Electrógenos de continuidad.

#### 3.1 GRUPOS ELECTRÓGENOS DE ARRANQUE MANUAL

Como cualquier grupo electrógeno de los mencionados, que se encargan en suplir la necesidad de energía en caso de una falla en el suministro de redes comerciales, el arranque y parada del grupo, red - planta y planta – red, se deben realizar manualmente; esta maniobra se realiza por parte de personal capacitado, quien pone en marcha la planta y conmuta la carga; al restablecerse el servicio de energía comercial debe realizar este procedimiento de forma inversa.

#### 3.2 GRUPOS ELECTRÓGENOS DE ARRANQUE AUTOMÁTICO

Estos grupos electrógenos poseen dispositivos electrónicos que detectan la ausencia de energía comercial, o fluctuaciones de la misma, y ponen en marcha de manera automática la planta. Este mismo dispositivo electrónico regula los tiempos, a voluntad, del tiempo de espera de confirmación de la falla, tiempo de toma de carga, se enciende y se establecen las condiciones de lubricación y

---

<sup>39</sup> PULIDO ARBELAEZ, Manuel. Equipos eléctricos autónomos: Generadores, motosoldaduras y grupos electrógenos. Madrid: Editorial Paraninfo. 1999. P.159.



temperatura del motor para conmutar la carga a planta, el tiempo para que después de que se restablezca la red comercial y las condiciones de estabilidad de los voltajes sean óptimos para conmutar la carga a la red comercial nuevamente, transcurridas estas maniobras envía la señal para apagado de la planta la cual queda en modo stand-by, para operar en otra falla de red comercial. Usualmente este dispositivo electrónico está ubicado en la transferencia automática, de donde se deriva su nombre. Más adelante se profundiza sobre este elemento.

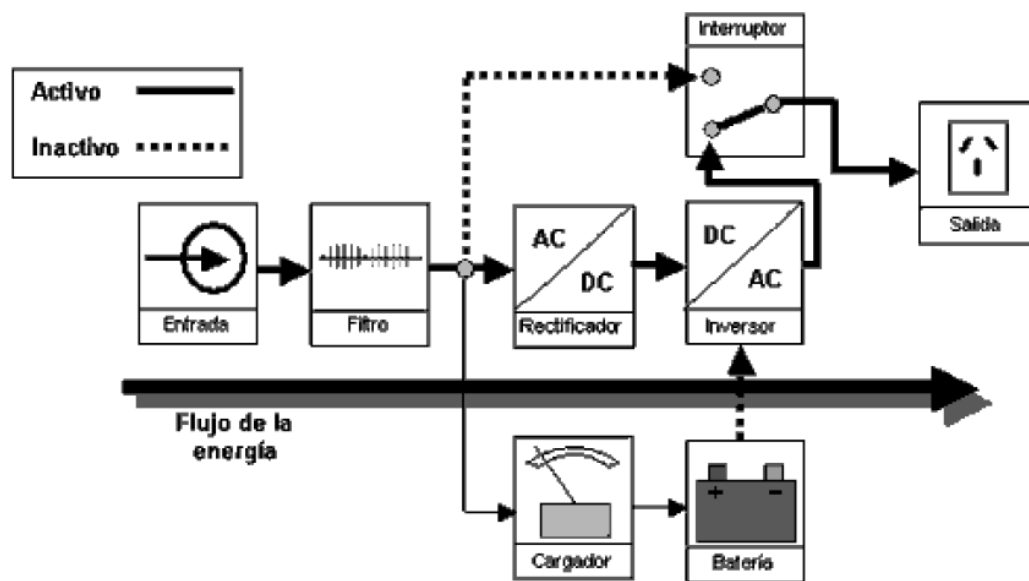
### **3.3 GRUPOS ELECTRÓGENOS DE CONTINUIDAD**

En los grupos electrógenos antes mencionados existe un periodo de tiempo donde la carga se queda sin fluido eléctrico de ambas fuentes, energía comercial y de planta, debido a los procesos de encendido del motogenerador y la conmutación de la carga al contactor de planta en la transferencia. Sin embargo existen casos donde la alimentación de energía eléctrica debe ser constante ya que es de vital importancia para las operaciones, como es el caso de los centros de procesamiento de datos o Data Center, aeropuertos, hospitales, etc, donde la pérdida de servicio puede traer consigo daños cuantiosos, pérdidas económicas o de vidas humanas; para estos casos se utiliza un sistema de alimentación ininterrumpida SAI o fuente ininterrumpida de poder UPS, en inglés, Uninterruptible Power Supply, en forma simultánea con el grupo electrógeno automático y tiene como función no interrumpir el suministro a aquellas zonas de vital importancia durante el encendido y puesta en marcha del motogenerador. Al fallar la red de energía comercial, este sistema inicia su operación de manera automática e instantánea y mantienen la tensión durante el tiempo que tarde el motogenerador en estar totalmente listo para asumir la carga, incluso durante tiempos un poco más extendidos por si se presenta problemas con el grupo electrógeno se tenga el tiempo de buscar una solución.

En términos generales un sistema ininterrumpido de potencia es un dispositivo que gracias a sus baterías u otros elementos almacenadores de energía, puede

proporcionar energía eléctrica por un tiempo limitado y durante un corte de energía a todos los dispositivos que tenga conectados. Otras de las funciones que se pueden asociar a estos equipos es la de mejorar la calidad de la energía eléctrica que llega a las cargas, filtrando anomalías de tensión y eliminando armónicos de la red en el caso de usar corriente alterna<sup>40</sup>.

Figura 24. Diagrama de una fuente ininterrumpida de potencia.



Fuente: Electrónica Unicrom.

No siempre los grupos electrógenos suplen el 100% de la carga. Usualmente las plantas suplen las cargas vitales para las instalaciones, por ejemplo en el caso de los edificios y centros comerciales cubren la carga de ascensores y escaleras eléctricas, iluminación de zonas comunes y pasillos; en el caso particular cubre la carga de las BTSE en un 100%.

<sup>40</sup> WIKIPEDIA, The free Encyclopedia, URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Uninterruptible\\_power\\_supply](http://en.wikipedia.org/wiki/Uninterruptible_power_supply)

### 3.4 MOTOGENERADOR

Un motogenerador es la combinación de un generador eléctrico y un motor (fuente del movimiento), acoplados mecánicamente, también es conocida como Genset. Ambos son montados sobre una misma base que los hace formar un solo equipo.

Figura 25. Motogenerador montado sobre un base tanque.



Fuente: web ec21.

#### 3.4.1 Componentes.

Algunos componentes fundamentales para la operación de los motogeneradores son los siguientes.

##### 3.4.1.1 Motor.

Representa la fuente de energía mecánica para hacer mover el generador. Son motores de combustión interna ya sea a base de gasolina o de diesel, los más comunes de este último combustible. Aunque en la actualidad se están desarrollando motores de combustión con pilas de hidrogeno.

##### 3.4.1.2 Tarjeta reguladora de velocidad.



Esta tarjeta se encarga de controlar la velocidad del motor, también conocida como gobernador, se encarga de mantener la velocidad constante sin que se acelere o desacelere mas de lo requerido de acuerdo a los regímenes de carga. Esta relacionada directamente con la frecuencia de salida del generador ya que a una mayor velocidad se genera una potencia a frecuencias más altas.

#### **3.4.1.3 Sistema eléctrico del motor.**

Generalmente funciona a 12 o 24 Voltios, consta de un motor de arranque, una batería con su respectivo cargador, el cargador es una fuente rectificadora de 110/220 voltios AC a 12 o 24 voltios DC. Sensores de temperatura, de presión de sobre velocidad y todos aquellos de los que se disponga para proteger el motor ante una falla.

#### **3.4.1.4 Sistema de refrigeración.**

Puede ser por medio de aceite, agua o aire. El sistema de refrigeración por aire consta de un gran ventilador que hace pasar grandes cantidades de aire para enfriar el motor; por otro lado el sistema de refrigeración por aceite o agua consta de un radiador y un ventilador para acelerar el proceso de enfriamiento del medio, agua o aceite.

#### **3.4.1.5 Generador.**

La energía eléctrica de salida se produce por medio del generador o también comúnmente llamado alternador, este se encuentra apantallado contra salpicaduras por medio de una carcasa metálica. Es autoexcitado, autorregulado y sin escobillas; acoplado al motor con precisión.

#### **3.4.1.6 Sistema de control.**

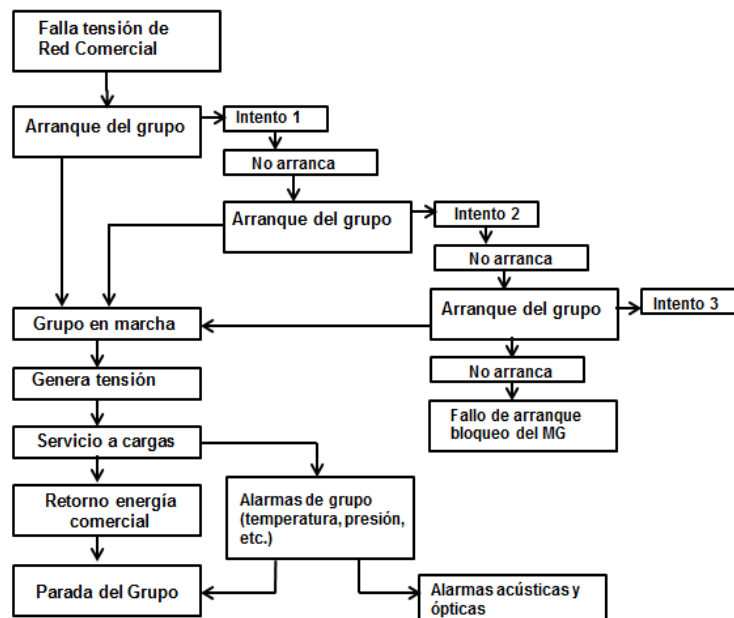
Es un procesador o central automática, la cual controla los dispositivos y sus sensores asociados de acuerdo a los parámetros que se encuentren programados. Para determinar su efectividad es necesario establecer una serie de

secuencias para la puesta en marcha o la parada en caso de una falla o mal funcionamiento de alguno de los sistemas. La figura 26 ilustra la secuencia o pasos para el encendido y parada del grupo electrógeno en condiciones normales de operación y en condiciones de falla<sup>41</sup>.

### 3.4.1.7 Tanque de combustible.

Básicamente es un compartimento donde se almacena el combustible del cual se aprovecha la energía carburante para el movimiento del motor de combustión interna. Usualmente los motogeneradores vienen montados sobre base – tanques metálicos que pertenecen a la estructura que soporta el motogenerador, pero si se requiere de una mayor autonomía en la operación del motogenerador en zonas donde el fluido eléctrico comercial es bastante irregular se deben tener tanques de mayor capacidad, en construcciones que van desde cilíndricos hasta bodegas subterráneas. Para el caso de las estaciones de telecomunicaciones solo se usan los base tanques y los tanques tipo cilindro, figura 27.

Figura 26. Diagrama de secuencia de encendido de un motogenerador con tarjeta de control.



<sup>41</sup> Ibid. P.171.

Fuente: Monografía. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para generadores eléctricos de la industria hotelera que utilizan fuel oíl diesel como combustible.

Figura 27. Tipos de tanques, izquierda base tanque, derecha tanque cilíndrico.



Fuente: Internet.

### 3.5 TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA ATS

El tablero de transferencia automática (ATS, Automatic Transfer Switch) es un equipo que permite que la planta eléctrica opere en forma totalmente automática supervisando la corriente eléctrica de la red comercial, ver figura 31. El módulo de control incorpora las funciones de arranque, paro, medición y protecciones de la planta eléctrica, así como las funciones desincronización con la red comercial o paralelismo con una o más plantas eléctricas. Todos los parámetros pueden ser monitoreados y configurados de manera remota. El tablero es auto soportado y cuenta con interruptores electromagnéticos en aire (contactores) para las funciones de transferencia<sup>42</sup>.

<sup>42</sup> CARRILLO COJULUN, Gustavo Adolfo. Transferencia Automática. Guatemala, Universidad de San Carlos de, 2008. P. 10.

### 3.5.1 Funciones de la transferencia automática.

- Censar el voltaje de alimentación.
- Dar la señal de arranque al motogenerador cuando el voltaje de energía comercial falta, baja o sube de un nivel adecuado y deseado por el cliente para proteger sus equipos o cargas.
- Realizar la transferencia de carga a la red comercial, al motogenerador y viceversa. Esta función se realiza a través de la unidad de fuerza, la cual puede ser por medio de contactores o interruptores, según sea la capacidad requerida.
- Dar la señal a la unidad de fuerza (contactores) para que haga el cambio cuando se normaliza la alimentación de la red comercial, retransferencia.
- Retardar la retransferencia para que los niveles de energía comercial se normalicen.
- Retardar la señal de paro del Motogenerador para lograr su enfriamiento.
- Enviar la señal de paro del motor al sistema de control del mismo.
- Mantener cargada la Batería de la cual el Motor de arranque del motogenerador se alimenta para iniciar el movimiento del motor.
- Realizar una simulación de falla de la red comercial para ejercitar el motogenerador en periodos largos de no operación, esta se puede programar para realizarse con o sin carga.

### 3.5.2 Componentes de una transferencia automática.

#### 3.5.2.1 Sensores.

Estos dependen de la variable que se quiera monitorear, voltajes, corrientes, secuencias de fase, diferencia de voltaje entre fases, etc.



### **3.5.2.2 Actuadores.**

Es todo elemento que realiza un trabajo o una función determinada dentro de un sistema. Básicamente en una transferencia automática los actuadores conectan y desconectan ramales. Además toma los tiempos para realizar los cambio de los ramales, lo cual se logra con los temporizadores.

### **3.5.2.3 Contactores.**

Son elementos eléctricos, cuya función básica es conectar o aislar ramales eléctricos por medio de bobinas que abren y cierran lo contactos. La mayoría de los contactores comerciales vienen con contactos de fuerza o potencia (contactos principales) y con contactos auxiliares, los cuales manejan voltajes menores y sirven para cerrar o abrir señales de control y no de fuerza<sup>43</sup>, figura 28.

### **3.5.2.4 Temporizadores.**

Es en si un contador de tiempo, su función básica es contar periodos de tiempo ya sea en segundos minutos u horas, puede traer varios contactos auxiliares. Se utiliza básicamente para cerrar o abrir señales de control después de que transcurre un tiempo determinado, por ejemplo el tiempo que debe esperar la transferencia para conmutar la carga a los contactores de planta después de que esta se encienda y este lista o precalentada para tomar dicha carga, figura 29.

### **3.5.2.5 Otros elementos.**

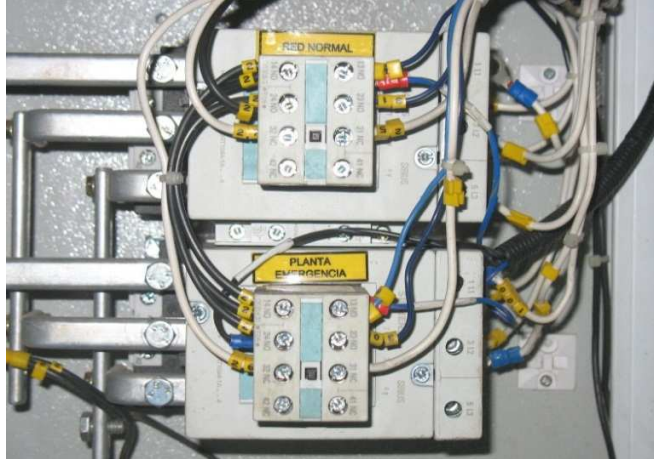
Los que componen una transferencia automática son los, mini contactores o relés, botoneras y perillas de control, luces indicadoras, protecciones para las bobinas de los contactores de potencia<sup>44</sup>.

---

<sup>43</sup> *Ibíd.* P.16.

<sup>44</sup> *Ibíd.* P.18.

Figura 28. Contactores de potencia de red comercial y motogenerador con sus respectivos contactores auxiliares.



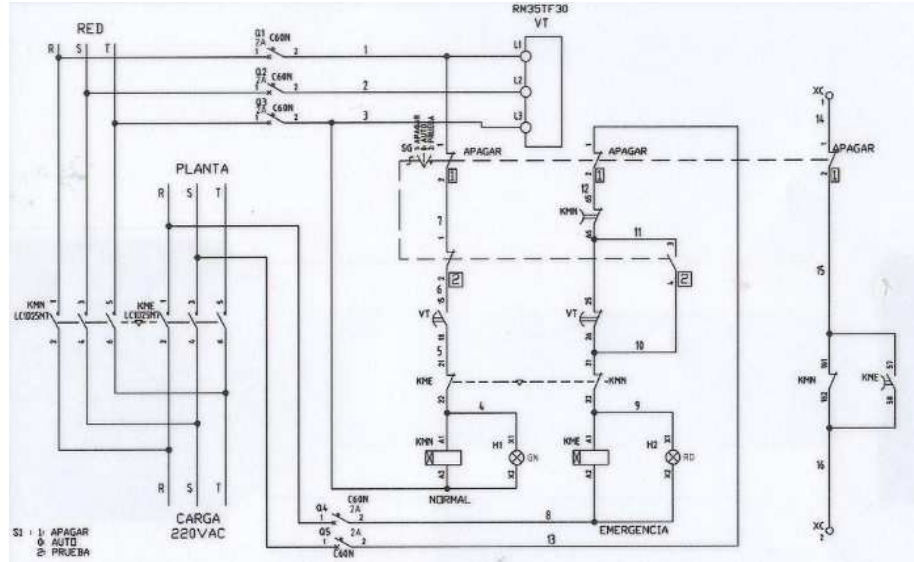
Fuente: Siemens.

Figura 29. Temporizador.



Fuente: Schneider Electric.

Figura 30. Diagrama unifilar tablero de transferencia automática ATS.



Fuente: Schneider Electric.

Figura 31. Transferencia Automática ATS



Fuente: Schneider Electric.

#### 4. ENFOQUE SISTÉMICO E INTEGRAL - (CMD)

El mantenimiento industrial puede definirse como una ciencia, ya que cumple todos los requisitos definidos para ello en la RAE<sup>45</sup>, la cual define, que un conjunto de conocimientos obtenidos a través de la observación, del estudio, de la experiencia y del razonamiento, debidamente estructurados en forma sistémica y de los cuales se pueden deducir principios, leyes generales, comportamientos y predicciones, etc., permiten constituir una ciencia.(RAE@,2005)

En general el mantenimiento posee un amplio y diverso conjunto de conocimientos, que se derivan de la práctica industrial, del estudio de numerosos autores mundiales y locales del tema, del establecimiento de diferentes principios y leyes generales de aceptación universal, de definiciones amplias y específicas sobre los múltiples tópicos que se manejan en esta ciencia<sup>46</sup>.

En cuanto a la presentación lógica, estructurada y coherente de conocimientos es el enfoque que el autor sustenta y demuestra a través del contenido, con un “enfoque sistémico kantiano” que soporta toda la organización del documento; el cual permite una fácil comprensión y aplicación empresarial de todos los conceptos y métodos prácticos que se presentan.

El considerar el mantenimiento como una ciencia permite su tratamiento profundo, serio, coherente y estructurado, de tal forma que todos los conocimientos que se desarrollan sean realizables y útiles a los lectores.

A partir del enfoque Kantiano, el mantenimiento es susceptible de sintetizar y de categorizar en diferentes niveles con sus elementos de relación estructural.

---

<sup>45</sup> RAE: Real Academia Española

<sup>46</sup>MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo, 2009 P.45



Bajo esta perspectiva sistémica es posible unificar los conceptos, pensamientos y diferentes tópicos del mantenimiento, hasta la fecha tratados bajo esquemas diferentes, el autor aporta una metodología integradora que facilita su concepción y aplicación empresarial.

#### **4.1 SISTEMA KANTIANO DE MANTENIMIENTO**

El enfoque sistémico kantiano plantea la posibilidad de estudiar y entender cualquier fenómeno, dado que define que un sistema, está compuesto básicamente por tres elementos: personas, artefactos y entorno.

La participación de las personas en cualquier sistema es fundamental, ya que son éstas las que hacen que el sistema exista y son las que le dan ese carácter real, en forma contextual, de forma mental. Indudablemente el mantenimiento es un sistema mental que se construye de forma intelectual por el ser humano, que se basa en el estudio de los equipos y su comportamiento en el tiempo.

El segundo elemento de un sistema kantiano son los artefactos, en el caso particular del mantenimiento, constituyen el conjunto de máquinas, componentes, sistemas de producción, herramientas, utensilios, líneas de fabricación, documentos como órdenes de trabajo o historia de los equipos, aparatos, materias primas, insumos, repuestos, sistemas de información, entre otros; los cuales son los elementos reales requeridos para hacer el mantenimiento<sup>47</sup>.

El tercer componente de un sistema kantiano es el entorno, es de carácter mental (o intelectual) y son todos aquellos sitios en que se desenvuelve la naturaleza del sistema, es donde se encuentran las máquinas que hacen posible la producción de bienes reales o de servicio.(Chiavenato , 2005)

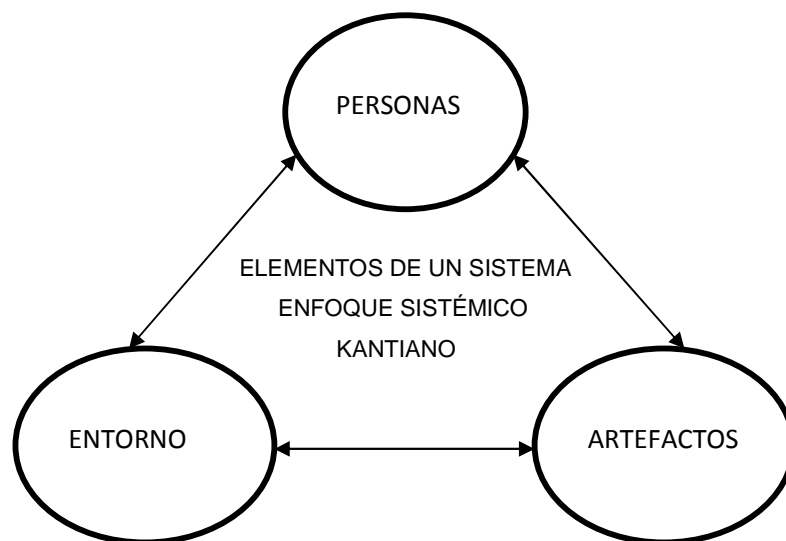
---

<sup>47</sup> Ibíd. P.46.

El enfoque kantiano permite visualizar y probar la existencia de relaciones entre diferentes elementos de un sistema real o mental, para el caso del mantenimiento se reconoce la existencia de diferentes elementos que se entrelazan; entre ellos se pueden describir las personas: son de forma directa los usuarios o explotadores de los equipos de fabricación, los productores y los que preservan el activo o máquina denominados mantenedores; en cuanto a los artefactos, se incluyen en este grupo, todos los equipos o elementos productivos directos o indirectos que se describen en el texto; por último el entorno, es el que comprende los sitios de producción, como fábricas fijas o móviles, por un lado y, por el otro también incluye los espacios donde se prestan los servicios de mantenimiento.

#### 4.1.1 Elementos de un sistema kantiano

Figura 32. Elementos de un sistema kantiano



Fuente: Mantenimiento Industrial Efectivo<sup>48</sup>

El modelo de la teoría de sistemas define a los departamentos de las empresas, como módulos administrativos independientes (mantenimiento, producción, etc.), a los cuales los denomina unidades, y estos a su vez conforman un sistema, con

<sup>48</sup> Ibid. P.47.



metas propias individuales y comunes al sistema (empresa). Un sistema es un conjunto de unidades recíprocamente relacionadas (Bertalanffy, 1994). Las unidades a su vez se pueden considerar como elementos de un sistema cuando se encuentran relacionados entre sí por alguna forma de interacción o interdependencia (Chiavenato, 2005).

Los objetivos específicos para una unidad, por lo general buscan los mayores beneficios, mediante la maximización de las utilidades y la reducción de los posibles desperdicios de insumos o materias primas, durante el proceso industrial, con una adecuada utilización de los recursos disponibles. Al aplicar el concepto al departamento de mantenimiento se resume en: la prestación de un buen servicio para las instalaciones y el equipo y, así reducir al mínimo las paradas imprevistas de máquinas por fallas; al hacer más eficaz el empleo de dichos elementos y de los recursos humanos, con el menor costo posible (Newbrough, y otros, 1982).

Con el fin de poder entender la aplicación de estos conceptos a un sistema de mantenimiento, se aplica de forma individual e independiente a los departamentos de operación y de sostenimiento de maquinaria, para posteriormente usarlo en un sistema integral industrial, de tal forma que se puede visualizar la interacción de ambas unidades y el sistema global unificado de mantenimiento empresarial<sup>49</sup>.

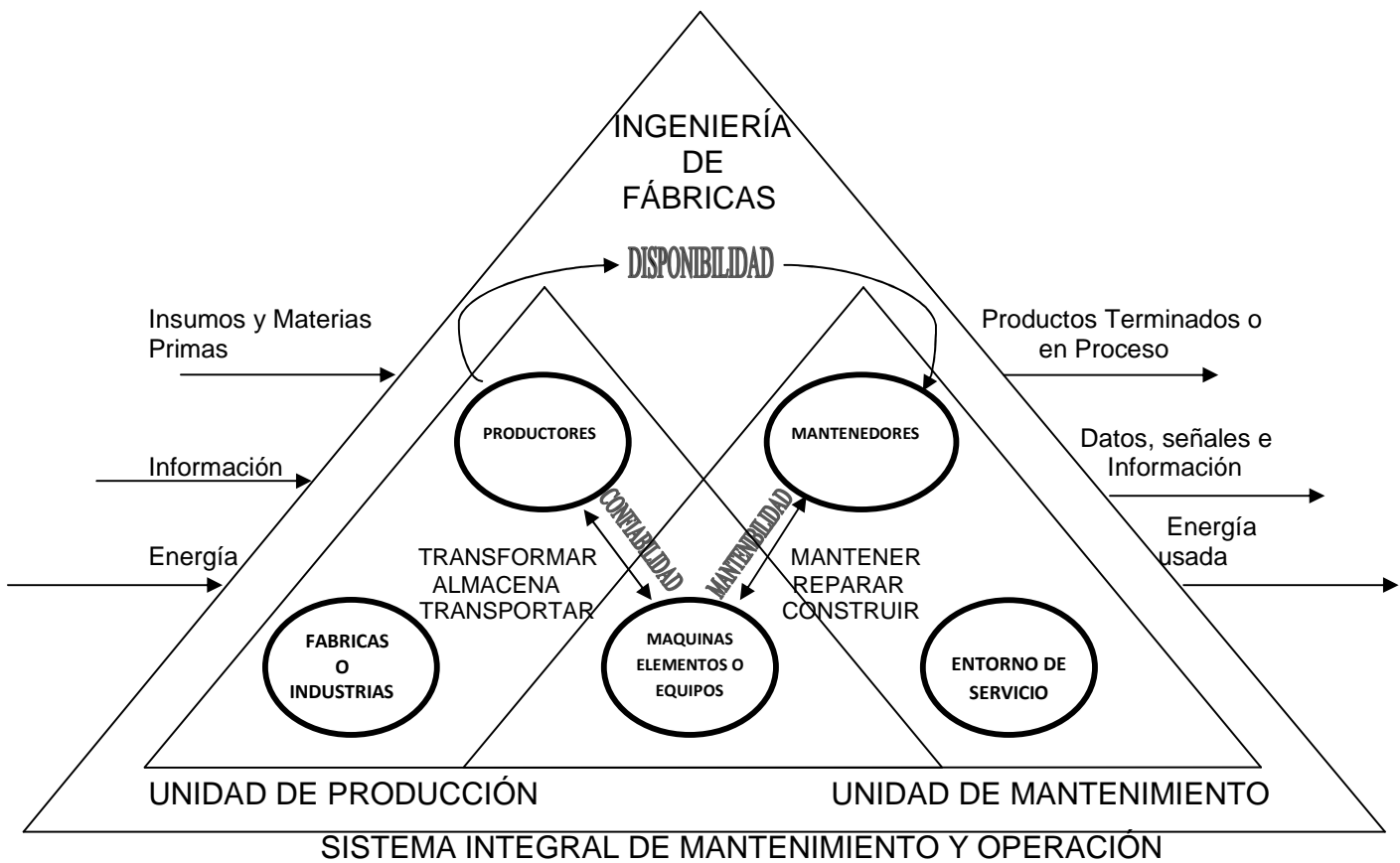
#### **4.1.2 Sistema Integral de Mantenimiento**

Con el fin de determinar los actores principales de la ingeniería de fábricas, se presenta, en la siguiente ilustración los elementos superpuestos de las dos funciones básicas. El sistema integrado permite visualizarlos en un sistema de ingeniería de fábricas, que son : los mantenedores, los productores y las máquinas; de esta forma se pueden establecer las primeras leyes de mantenimiento, donde el sistema kantiano permite establecer que la relación entre Producción y Máquinas está gobernada por la confiabilidad, la correspondencia

<sup>49</sup>MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo, 2009 P.47

entre Mantenimiento y Máquinas, se estipula por la Mantenibilidad; y la relación "Mantenimiento-Máquina-Producción" se define por la disponibilidad, que es el efecto integrado de la ingeniería de fábricas, donde se marca como el efecto o parámetro más relevante del sistema.

Figura 33. Sistema Integrado de Ingeniería de Fábricas: Mantenimiento-Máquinas-Producción.



Fuente: Mantenimiento Industrial Efectivo<sup>50</sup>

Se puede entonces afirmar que el enfoque sistémico kantiano de mantenimiento, que se define como ingeniería de fábricas, establece que la relación entre los tres elementos es permanente o cerrada entre máquinas (parque industrial) y los otros dos partícipes (mantenimiento y operación), siendo abierta entre estas dos, de tal

<sup>50</sup> Ibíd. P.50



forma que las mejores prácticas indican que la relación entre mantenimiento y producción, debe hacerse a través de los equipos y no en forma directa ya que, carece de sentido si no se habla de máquinas y de su comportamiento en el tiempo frente a sus fallas y a su disponibilidad.

El mantenimiento es el elemento que comprende a las personas que ofrecen y prestan el servicio de conservación de equipos a los departamentos o empresas que producen bienes o servicios, mediante los recursos de que disponen.

La producción, es el elemento que requiere y demanda el servicio de mantenimiento de los equipos que utiliza para producir bienes o servicios.

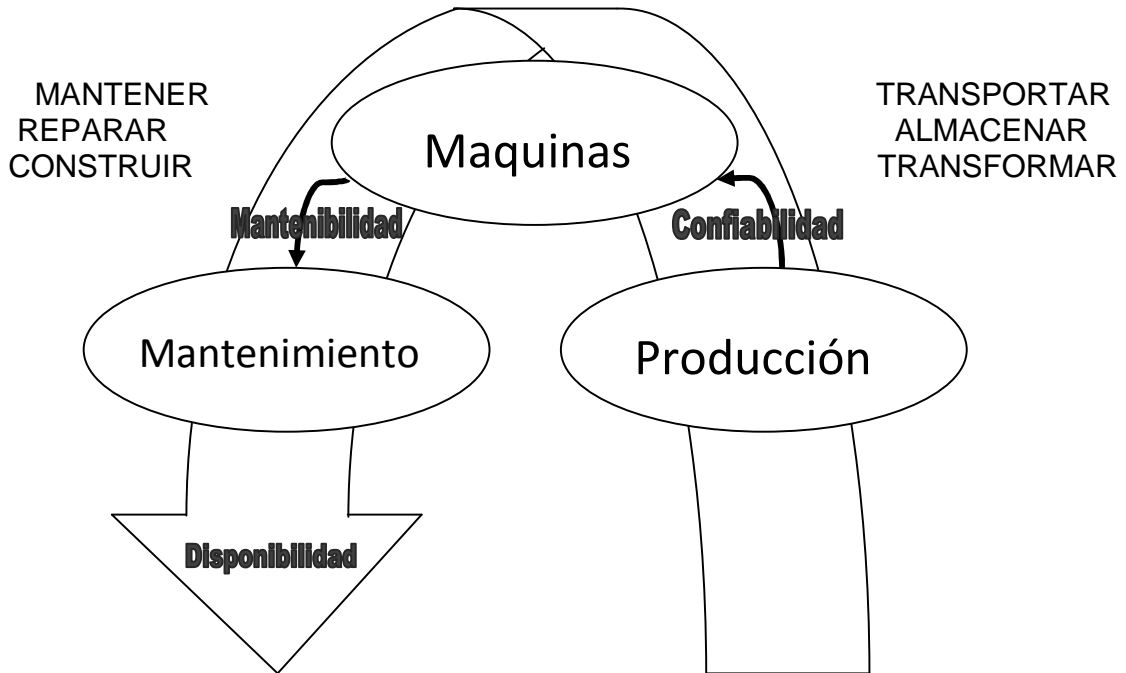
El parque industrial es el conjunto de elementos, equipos, artefactos, objetos, herramientas o líneas de producción, que se utilizan para la agregación de valor en los productos o servicios<sup>51</sup>.

El tratamiento del mantenimiento como una ciencia permite sintetizar sus elementos principales en tres: producción, maquinas y mantenimiento; a la vez que admite su jerarquización en niveles de categorías (Bertalanffy, 1994) (Whorf, 1993) (Whorf, 1952) (Uexcüll, 1920) y que establece las relaciones y las condiciones entre sus tres elementos.

---

<sup>51</sup>MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo, 2009. P 50.

Figura 34. Elementos Estructurales de Ingeniería de Fabricas



Fuente: Mantenimiento Industrial Efectivo<sup>52</sup>.

#### 4.1.2.1 Categorización del Mantenimiento

El enfoque kantiano admite definir las categorías de la ingeniería de fábricas, como una metodología científica que establece los parámetros jerárquicos (Whorf, 1952) donde se definen las diferentes temáticas conceptuales, esta jerarquización permite unificar el lenguaje y el argot del tema con el fin de facilitar su estudio, tratamiento y aplicación empresarial.

Las categorías son divisiones jerárquicas que permiten simplificar el tratamiento profundo de los diferentes conceptos, que facilitan su organización, que consiente en el análisis de sus diferencias y similitudes, para la estructuración total de los diferentes temas que los conforman.

<sup>52</sup>Ibít P 51.



El enfoque Kantiano se fundamenta en las concepciones del espacio y tiempo, por lo cual es necesario identificar las acciones tanto del espacio como del tiempo sobre las maquinas durante su vida útil.

Parece ser que la acción del tiempo afecta mas lo componentes o elementos corpóreos de la maquina y, la acción del espacio, se entiende mejor en la tecnología que portan las maquinas, denominadas alma de los equipos, que consiste mas en la función para lo cual son diseñada. (ESReDa, 2001)

#### **4.1.2.2 Cuerpo y función de los equipos. Efectos del Espacio y del Tiempo.**

El tratamiento que realiza el autor Enrique Dounce Villanueva al tema, es una aproximación importante, él considera que se distinguen dos actividades básicas en la conservación de los equipos industriales: preservación y mantenimiento. Define la conservación como: toda acción humana que, mediante la aplicación de conocimientos científicos y técnicos, contribuye al óptimo aprovechamiento de los recursos existentes en el hábitat humano y propende el desarrollo integral del hombre y la sociedad. La conservación la divide en dos grandes ramas: una de ellas es la preservación (la cual atiende las necesidades de los recursos físicos) y la otra es el mantenimiento (que se encarga de cuidar el servicio que proporcionan estos recursos) (Dounce, 1998)<sup>53</sup>.

El mantenimiento enfocado bajo los parámetros de espacio y tiempo de Immanuel Kant, suministra la comprensión de la función del sostenimiento y/o la preservación de los equipos.

La función de mantenimiento, se entiende como sostener o alargar la vida útil de los elementos o equipos de producción, atiende dos componentes básicos de estos: el cuerpo y la función. El efecto que realiza el tiempo (con el espacio invariable) sobre los artefactos o equipos está más asociado al deterioro de los

---

<sup>53</sup>Ibít. P 52.



elementos corpóreos, al actuar como causante de desgaste o de falla parcial o total en las máquinas.

A diferencia de la acción del espacio (con el tiempo inactivo) que afecta la función se identifica en términos de la tecnología que se usa en los diferentes equipos que prestan la misma función a través del tiempo, particularmente se asocia a la falla total o parcial de la función para la cual son diseñadas las máquinas o el parque industrial. Se concibe que dos agentes pueden afectar la vida útil (tanto en cuerpo como en función): el ser humano y el medio ambiente, que deterioran los equipos o los ponen en estado de falla parcial o total.

Las actuaciones que se hacen en términos del tiempo, para restituir el equipo a sus condiciones normales de operación (o diseño) dan lugar a la clasificación que se hace de las acciones de mantenimiento: antes o después de la falla.

La acción del espacio kantiano, hace que cada vez las tecnologías de los equipos sean más complejas y modernas, lo que implica para el mantenimiento una mayor utilización de técnicas y prácticas más profundas, más fuertes, más científicas y con mayor uso de informática y tecnología.

El efecto del espacio y del tiempo (enfoque kantiano) sobre los equipos, que la máquina utilizada siempre desempeña la misma función, escribir; lo que cambia es su componente tecnológico. Es el espacio, el componente requerido para que cada día se afinen y se desarrollen más las tácticas de mantenimiento, como el TPM, RCM, TPM & RCM Proactivo, PMO, Reactivo, Clase Mundial, Centrado en Objetivos, RCMScorecard, entre otros<sup>54</sup>.

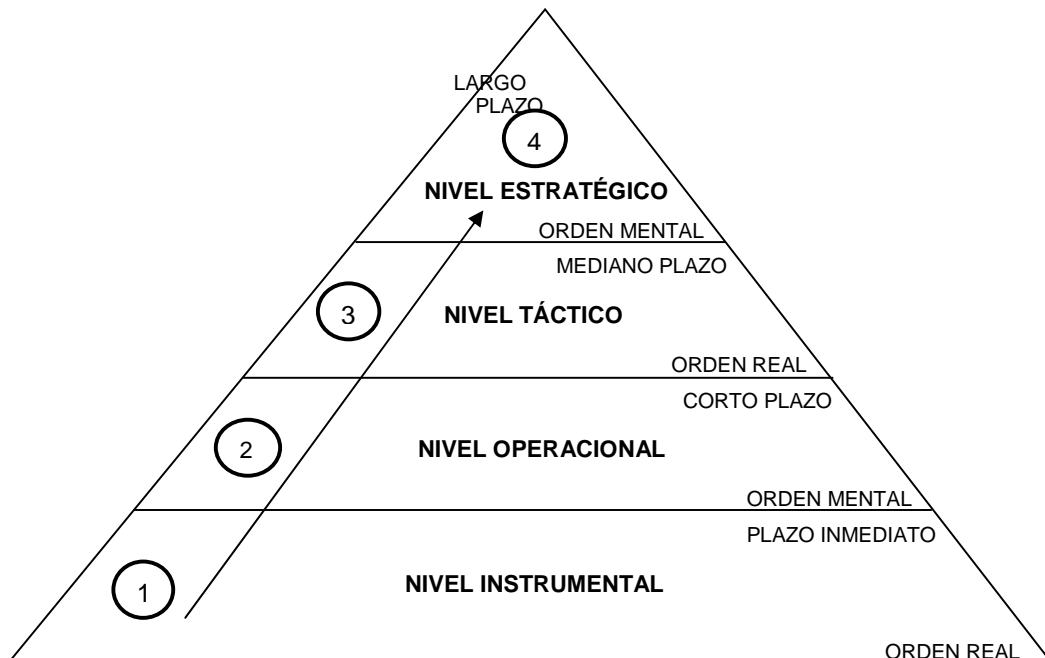
#### **4.1.2.3 Niveles del Mantenimiento.**

El autor plantea cuatro niveles o categorías al jerarquizar los diferentes tópicos que maneja el mantenimiento

---

<sup>54</sup>Ibíd .P54

Figura 35. Niveles y categorías del mantenimiento bajo el enfoque sistémico



Fuente: Mantenimiento Industrial Efectivo<sup>55</sup>

- **Nivel 1 – Instrumental (Funciones y Acciones)**

El nivel instrumental abarca todos los elementos reales requeridos, para que exista mantenimiento en las empresas, procura el manejo sistémico de toda la información construida, solicitada en un sistema de mantenimiento en lo referente a las relaciones entre Personas, Recursos Productivos y Máquinas; pertenecen a este grupo todos los registros, documentos, historia, información, codificación, entre otros; en general todo lo que identifica a los equipos, a los recursos de AOD (Aprovisionamiento, Operación y Distribución) y de mantenimiento; la administración de la información y su tratamiento estadístico; la estructura organizacional de los tres elementos descritos de un sistema de

<sup>55</sup>IMORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo, 2009 P 54.



mantenimiento. Clasifican también en este nivel instrumentos más avanzados como las 5S, el mejoramiento continuo, etc., también se encuentran aquí herramientas avanzadas específicas y de orden técnico, como análisis de fallas, manejos de inventarios, pronósticos, etc.

El nivel instrumental comprende todos los elementos necesarios para que exista un sistema de gestión y operación de mantenimiento, incluye: la información, las máquinas, las herramientas, los repuestos, los utensilios, las materias primas e insumos propios de mantenimiento, las técnicas, los registros históricos de fallas y reparaciones, las inversiones, los inventarios, las refacciones, las modificaciones, los trabajadores, las personas, el entrenamiento y la capacitación de los funcionarios, entre otros.

Se pueden encontrar diferentes niveles dentro de esta categoría en cuanto a instrumentos: básicos, avanzados genéricos y específicos, como también específicos de orden técnico. En general abarca todos los elementos físicos e intangibles que requieren las personas para poder realizar las acciones concretas de mantenimiento sobre los elementos o máquinas.

- **Nivel 2 – Operacional (Acciones Mentales)**

El nivel operacional comprende todas las posibles acciones a realizar en el mantenimiento de equipos por parte del oferente (Oferente es Mantenimiento y Demandante Operaciones), a partir de las necesidades y deseos de los demandantes. Acciones correctivas, preventivas, predictivas y modificativas<sup>56</sup>.

- **Nivel 3 \_ Táctico (Conjunto de Acciones Reales)**

El nivel táctico contempla el conjunto de acciones de mantenimiento que se aplican a un caso específico (un equipo o conjunto de ellos), es el grupo de tareas de mantenimiento que realizan con el objetivo de alcanzar un fin; al seguir las normas y reglas para ello establecido. Aparecen en este nivel el

---

<sup>56</sup>Ibíd. P 55.



TPM, RCM, TPM & RCM combinadas, PMO, reactiva, proactiva, clase mundial, RCM Scorecard, entre otros.

- **Nivel 4 – Estratégico (Conjunto de Funciones y Acciones Mentales)**

El campo estratégico está compuesto por las metodologías que se desarrollan con el fin de evaluar el grado de éxito alcanzado con las tácticas desarrolladas; esto implica el establecimiento de índices, rendimientos e indicadores que permitan medir el caso particular con otros de diferentes industrias locales, nacionales o internacionales. Es la guía que permite alcanzar el estado de éxito propuesto y deseado. Se alcanza mediante el LCC (Life Cycle Cost – Costo del ciclo económico de vida), el CMD, los costos, la Terotecnología (concepción que involucra los costos en la gestión de mantenimiento, bajo la orientación del LCC), etc.

#### **4.1.3 Estructura, Relaciones y Elementos**

El enfoque sistémico permite entender que la forma como se debe abordar el estudio y análisis del tema de mantenimiento, es de manera estructural, es decir que tiene un orden y una secuencia; de esta manera se facilita su entendimiento, su aplicación y la ejecución de operaciones, tácticas y estrategias a nivel empresarial.

La estructura se da en el caso particular al tener una serie de elementos (mantenedores, productores y máquinas) organizados e independientes, que se relacionan entre sí de una manera formal con reglas y niveles identificables<sup>57</sup>.

##### **4.1.3.1 Relaciones**

Los elementos mantenimiento, producción y máquinas se relacionan entre sí a partir de premisas y normas de aceptación universal, así: la relación entre productores (producción) y máquinas la establecen los principios de la

---

<sup>57</sup>Ibíd. P 55.



confiabilidad, la relación entre mantenedores (mantenimiento) y máquinas se define por las reglas de la Mantenibilidad, la relación entre mantenedores y productores se da por una relación indirecta a través de los equipos y está gobernada por los cánones de la disponibilidad, esta última relación muestra que cuando las conversaciones entre producción y mantenimiento son sobre las máquinas, puede ser mucho más fluida, que cuando se da en forma directa entre los dos departamentos sobre otros temas que no se refieren a CMD, de aquí-que en ocasiones existen conflictos directos entre las dos áreas, esto muestra que siempre y cuando las conversaciones se den en términos de equipos y de sus comportamientos, la relación es más sencilla y eficaz.

La confiabilidad, la Mantenibilidad y la disponibilidad, son prácticamente las únicas medidas técnicas y científicas, fundamentadas en cálculos matemáticos, estadísticos y probabilísticos, que tiene el mantenimiento para su análisis (Mora, 2007b) y su evaluación integral y específica; es a través del CMD que se puede planear, organizar, dirigir, ejecutar y controlar totalmente la gestión y operación del mantenimiento.

Es curioso observar como la mayoría de las tácticas conocidas como TPM, RCM, proactiva, reactiva, clase mundial, PMO, RCM Scorecard, centrada en objetivos, basada en riesgos, terotecnológica, etc., fundamentan su establecimiento a partir de los indicadores CMD; los cuales proveen los principios básicos estadísticos y proyectivos de las dos- manifestaciones magnas de mantenimiento: fallas y reparaciones. La mejor forma de controlar el mantenimiento y sus implicaciones es á través del componente confiabilidad y parámetros asociados (Barringer®, 2005)<sup>58</sup>.

La confiabilidad se mide a partir del número y duración de las fallas (tiempos útiles, reparaciones, tareas proactivas, etc.), la Mantenibilidad se cuantifica a partir

---

<sup>58</sup>Ibíd. P56.



de la cantidad y de la duración de las reparaciones (o mantenimientos planeados (tareas proactivas según J. Moubray - RCM II); mientras que la disponibilidad se mide (o se obtiene por cálculo y deducción matemática) a partir de la confiabilidad y de la Mantenibilidad.

La evolución del mantenimiento permite determinar tres etapas: una inicial hacia la segunda guerra mundial donde mantenimiento actúa por avería en los equipos, donde no se requieren grandes habilidades, una segunda fase donde impera el mantenimiento preventivo y la reducción de costos, al prolongar la vida útil y el tercer período donde predomina la confiabilidad (Bleazard, y otros, 1998) y la disponibilidad del parque industrial con mayores niveles de seguridad para alcanzar altos valores de eficiencia.

Los estudios de fiabilidad permiten llegar a niveles de óptima confiabilidad, que producen mínimos costos del ciclo de vida para el usuario y minimizan los costos para el fabricante, sin comprometer confiabilidad y calidad (Reliasoft®, 2008).

Una mayor comprensión de las fallas de dispositivos ayuda en la identificación de las mejoras que pueden introducirse en los diseños de los productos, para aumentar su vida o por lo menos para limitar las consecuencias adversas de las fallas<sup>59</sup>.

La terminación o degeneración de la propiedad de un elemento para realizar su función, se define como falla, esto incluye:

- Falla completa, al perder disponibilidad y funcionalidad.
- Falla parcial, sin generar la pérdida total de disponibilidad.

---

<sup>59</sup>MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo, 2009 P.56



- Falla que se encuentra durante la realización de reparaciones, mantenimientos planeados, inspecciones o pruebas, que implique la realización de otra reparación.
- Fallas en aparatos de seguridad o elementos de control y monitoreo.
- La degradación paulatina de la funcionalidad del elemento después de cierto límite establecido como referencia con antelación al hecho.

No se estiman como fallas: la realización de tareas planeadas de mantenimiento, la interrupción de la funcionalidad de un elemento o máquina causada por un factor externo y exógeno a la operación del mismo.

Las fallas se clasifican internacionalmente como críticas (critical), degradantes (degraded), incipientes (incipient) y desconocidas (unknown) dependiendo del efecto que generan sobre el cuerpo o la función del equipo (OREDA, 2002) (OREDA, 1997).

La confiabilidad se puede entender como una característica propia del diseño de máquinas, que permite estudiar mediante principios científicos y matemáticos, las fallas de los elementos de los equipos, para el análisis de los procesos de un diseño, la determinación de los costos del ciclo vida y la seguridad de un producto (Nachlas, 1995)<sup>60</sup>. Además se utiliza en el análisis de datos operativos para el mantenimiento, permitiendo conocer el comportamiento de equipos en operación con el fin de aislar componentes con problemas, diseñar las políticas de mantenimiento, calcular instantes óptimos de sustitución económica de equipos y establecer frecuencias de ejecución del mantenimiento preventivo (Díaz, 1992)<sup>61</sup>.

En todo caso la confiabilidad es una propiedad de las máquinas, que solo la lee o interpretan los seres humanos, así como la mantenibilidad es responsabilidad de

---

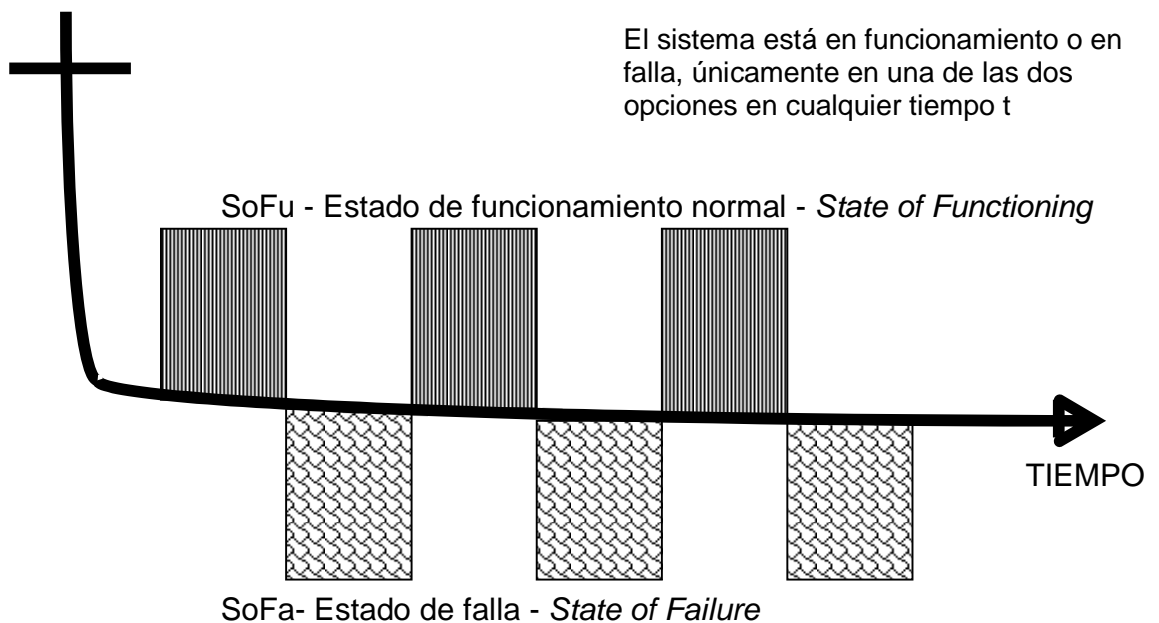
<sup>60</sup>NACHALS, Joel. Fiabilidad ISBN 978-84-89338-07-4 Madrid España Isdefe. 1995.

<sup>61</sup> DÍAZ MATALOBOS, Ángel. Confiabilidad en mantenimiento. Venezuela. Ediciones IESA. 1992. 110p.

los seres humanos, indiferente de que se use como una característica de las máquinas. En síntesis confiabilidad se asocia a máquinas y mantenibilidad a personas de mantenimiento. La falla de un sistema, se define como un evento que provoca la pérdida total o parcial de la capacidad de un equipo para realizar las funciones para las cuales se diseña. Un aparato, una máquina o un dispositivo se puede encontrar en uno de los dos posibles estados (mutuamente excluyentes): funciona o está en falla. Durante la vida útil el elemento se alterna entre SoFa y SoFu. Los estados del equipo se denominan perfil de funcionalidad (Knezevic, 1996).

Figura 36. Diagrama de estados de un equipo (perfil de funcionalidad)

Condición de operación del equipo – Funcionalidad



Fuente: Mantenimiento Industrial Efectivo<sup>62</sup>

Entre las ventajas del estudio científico y matemático del CMD, resalta que pretende buscar una metodología adecuada para medirlas y evaluarlas eficazmente, con el fin de brindar una herramienta fácil de usar para controlar la gestión y operación integral del mantenimiento, a la vez que permite predecir el

<sup>62</sup>MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo, 2009 P.57



comportamiento futuro de corto plazo de los equipos, en cuanto a fallas, reparaciones, tiempos útiles, etc.

En resumen, la confiabilidad se asocia a fallas, la Mantenibilidad a reparaciones y la disponibilidad a la posibilidad de generar servicios o productos.

#### **4.1.3.2 Interacción - CDM**

La forma en que se realiza la estimación de cada uno de los indicadores relacionales del sistema de mantenimiento y producción, como son la confiabilidad, la Mantenibilidad y la disponibilidad es amplia y diversa; la literatura sobre el tema provee diversas formas y métodos, en la cual se encuentran también elementos y principios comunes, las diferentes estimaciones aportan metodologías disímiles o afines en otros casos (González, 2004).

En síntesis, lo importante en la metodología CMD, consiste en poder predecir el comportamiento futuro de los equipos, en cuanto a saber sobre: las fallas o las reparaciones (tiempos y fechas de ocurrencia), los tiempos útiles (duración y días en que ocurrirán), los mantenimientos planeados (para su programación en tiempos y frecuencias) y demás actividades alusivas a la planeación de las máquinas, en aras de poder establecer planes concretos de operación y efectividad<sup>63</sup>.

#### **4.1.3.3 MÉTODOS DE PREDICCIÓN – CDM**

En el mundo de las predicciones CMD, existen varias alternativas, que difieren en su metodología y en su fundamentación técnica, aunque persiguen lo mismo, unas son más adecuadas que otras en función del entorno y de las características del grado posible o no de reparación de los elementos, como también del grado de madurez técnico y científico de las personas o de la empresa que los utiliza, sobresalen entre otros muchos modelos, los siguientes:

---

<sup>63</sup>Ibíd.P 58.



- **Puntual**

Métodos de cálculo puntuales (o promedios): se basa en el establecimiento de promedios de cada uno de los parámetros de fallas, reparaciones, tiempos útiles y demás variables a calcular, su utilización es muy simple y adecuada para personas o empresas que en su vida no han practicado con este tipo de previsiones de parámetros CMD. Sus resultados no son muy aceptables, pero es muy útil para aprender a dominar los algoritmos de cálculo de cada una de las diferentes opciones de disponibilidad.

- **Distribuciones**

Métodos de distribuciones: utiliza los mismos conceptos de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad del modelo puntual anterior, pero en vez de utilizar promedio de los valores de tiempos útiles, de fallas, de mantenimientos planeados, de demoras, utiliza diferentes distribuciones que modelan mucho mejor que un simple el comportamiento de las variables CMD en el tiempo y de sus parámetros. En general es un buen procedimiento aplicable tanto a elementos o máquinas reparables o no; aunque algunos autores no lo recomiendan para artefactos reparables; pero en general tiene muy buena aceptación mundial, es de aplicación sencilla<sup>64</sup>.

- **HPP & NHPP**

Métodos de modelos HPP(HomogeneousPoissonProcess) o NHPP (Non HomogeneousPoissonProcess) para predecir sistemas reparables (que se pueden restaurar al fallar, como motores, compresores, etc). También se usan los modelos de Proceso No Homogéneo de PoissonProcess (NHPP). Algunos autores sostienen que los modelos tradicionales de distribuciones como Weibull, Gamma, LogNormal, etc., que se usan en los sistemas no reparables, no son tan adecuados para pronosticar el comportamiento de los sistemas

---

<sup>64</sup>Ibíd. P59.



reparables, por lo cual sugieren ampliar el espectro de metodología, como por ejemplo con el modelo de NHPP (O'Connor, 2002)<sup>65</sup>.

- **Series Temporales**

Método de previsión con el uso de técnicas de Series Temporales: esta metodología se basa en la utilización de modelo universal de pronósticos, con sus tres etapas del método científico: análisis previo, lanzamiento de hipótesis y verificación, entre las metodologías que trabaja, usa: modelos clásicos (Tendencia lineal o no, Brown, Holt, Holt's Winter) y modelos estocásticos AR.I.MA. (Auto-Regressive, Integrated, MovingAverage), que son muy efectivos y garantizan errores mínimos en los pronósticos frente a la realidad futura. Se pueden usar directamente sobre la predicción de las fallas, de las reparaciones, de los mantenimientos, de los tiempos útiles, etc. o sobre las predicciones de cada una de las variables de modelación CMD, tales como MTTR, MTBF, UT, DT, MTBMc, MTBMp, Mp, etc. En general sus resultados son bastante confiables y veraces. Se basan en la modelación de eventos en el tiempo, utilizan el medio científico para encontrar las diferentes funciones clásicas o modernas que simulen mejor el comportamiento pasado, presente y futuro de los datos históricos. Tienen la capacidad de generar predicciones basadas netamente en el pasado o pueden predecir hechos futuros que no estén relacionados directamente con los datos del pasado, y este es su gran aporte, cuando se usan los Modelos AR.I.MA., con la Metodología Box-Jenkins<sup>66</sup>.

- **Otros**

Combinaciones de los anteriores u otros: de hecho se pueden combinar dos o más de los anteriores para lograr una modelación predictiva, como también se

<sup>65</sup>O'CONNOR, Patrick D.T. Practical Reliability Engineering, USA, John Wiley & Sons 2002.540p.

<sup>66</sup>MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo, 2009 P.59

puede recurrir a otros modelos que tengan un buen grado de validez científica para predecir el comportamiento futuro de las máquinas (Mora, 2007c).

#### Para el HPP y NHPP

El HPP, que describe el Proceso Homogéneo de Poisson, se dice que alcanza este grado de homogéneo cuando su comportamiento no está en función del tiempo, es decir el número de eventos solo depende del período de tiempo del intervalo que se evalúe. La probabilidad futura de ocurrencia de cualquier evento próximo no obedece a la conducta de los eventos anteriores, ni está en función del tiempo. Su comportamiento se rige por la siguiente expresión.

$$HHP \quad R(t_1, t_2) = e^{-\lambda*(t_2-t_1)}$$

Donde:

$t_1, t_2$  es el intervalo de tiempo que se analiza

$\lambda$ , es la Tasa de Fallas, independiente del tiempo

El NHPP, que se refiere al proceso No Homogéneo de Poisson, es similar al HPP, solo que la Tasa de Fallas -  $\lambda$  - está en función del tiempo. El proceso no es estacionario, ni en media ni en varianza, dado que la función de tasa de fallas tampoco es estacionaria,  $\lambda$  no es independiente y no se distribuye de manera uniforme a través del tiempo. Su modelación se realiza con el siguiente algoritmo<sup>67</sup>.

$$NHHP \quad R(t_1, t_2) = e^{-\int_{t_1}^{t_2} \lambda(t)*dt}$$

Donde:

---

<sup>67</sup>MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. Colombia: Coldi, 2009 P. 59.



$t_1, t_2$  es el intervalo de tiempo que se revisa  
 $\lambda$ , es la Tasa de Fallas, dependiente del tiempo  
 (Bajaria, 1983)

Existen diferentes métodos para analizar los datos de las fallas, entre otros, están: el estadístico, el probabilístico y el determinista. Lo primero que se hace en los procedimientos NHPP y HPP es definir si existe o no una tendencia. Esto se logra estadísticamente con diferentes pruebas como el ACF (Prueba de Auto-Correlación) o con la prueba del Centroide o de Laplace.

La existencia o no de la tendencia define si los datos se correlacionan entre sí, o si son independientes o aleatorios, como también si los valores de intervalos en el tiempo se distribuyen de manera uniforme. Cuando hay tendencia, los valores de las fallas pasadas y futuras no son independientes, no son aleatorios y no se distribuyen de manera similar en los diferentes intervalos de tiempo (Palencia, y otros, 2006).

#### Para los modelos Puntual y Distribuciones

el autor<sup>68</sup> propone un modelo universal para el manejo del CMD (Confiabilidad - Mantenibilidad - Disponibilidad) y aporta una metodología única y sintética que permite estimar los diferentes parámetros de una forma única y lógica, de tal manera que los sistemas de medición CMD que se implementen en las diferentes empresas, permitan una comparación similar en el tiempo, ya sea con la propia industria o con otras a nivel internacional, el manejo de la obtención del CMD debe cumplir unos parámetros estadísticos y matemáticos a lo largo del cálculo. El modelo propuesto en la siguiente ilustración, parte de la premisa de que los valores pueden ser pronosticados al inicio en cuanto a los tiempos de falla, tiempos útiles, períodos de mantenimientos planeados, tasas de fallas o de

---

<sup>68</sup>Ibíd.P 60.



reparaciones, etc. o al final del proceso mediante el pronóstico de los parámetros CMD asociados calculados como el  $\beta$ eta,  $\eta$ , MTTF, MTBF, MTTR, entre otros.

También es importante resaltar que el cálculo se realiza inicialmente con la distribución Weibull que permite la utilización de las tres zonas de tasa de fallas o sea para cualquier  $\beta$ eta; para luego acorde al valor de este parámetro obtenido se realiza la validación de los cálculos, para posteriormente compararlos con otras distribuciones congruentes con el valor  $\beta$ eta que se calcule. De resto, se usan prácticamente las metodologías estadísticas y procedimientos universalmente aceptados en el cálculo y estimación integral CMD, en el modelo propuesto por el autor; pero en todo caso se pretende una sola ruta de cálculo que permita de una manera fácil la comparación dinámica de resultados, que es el objetivo del manejo estratégico y sistémico del mantenimiento y, de la producción.

## 4.2 DISPONIBILIDAD

La probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producir y tiempo logístico se define como disponibilidad (Ramakumar, 1996)<sup>69</sup> (Blanchard, 1995)<sup>70</sup> (Nachlas, 1995) (Smith, 1983) (Leemis, 1995)<sup>71</sup> (Kececioglu,

<sup>69</sup>RAMAKUMAR R. Engineering Reliability Fundamentals Applications. USA: Englewood Cliffs, Prentice Hall 1996. 482p.

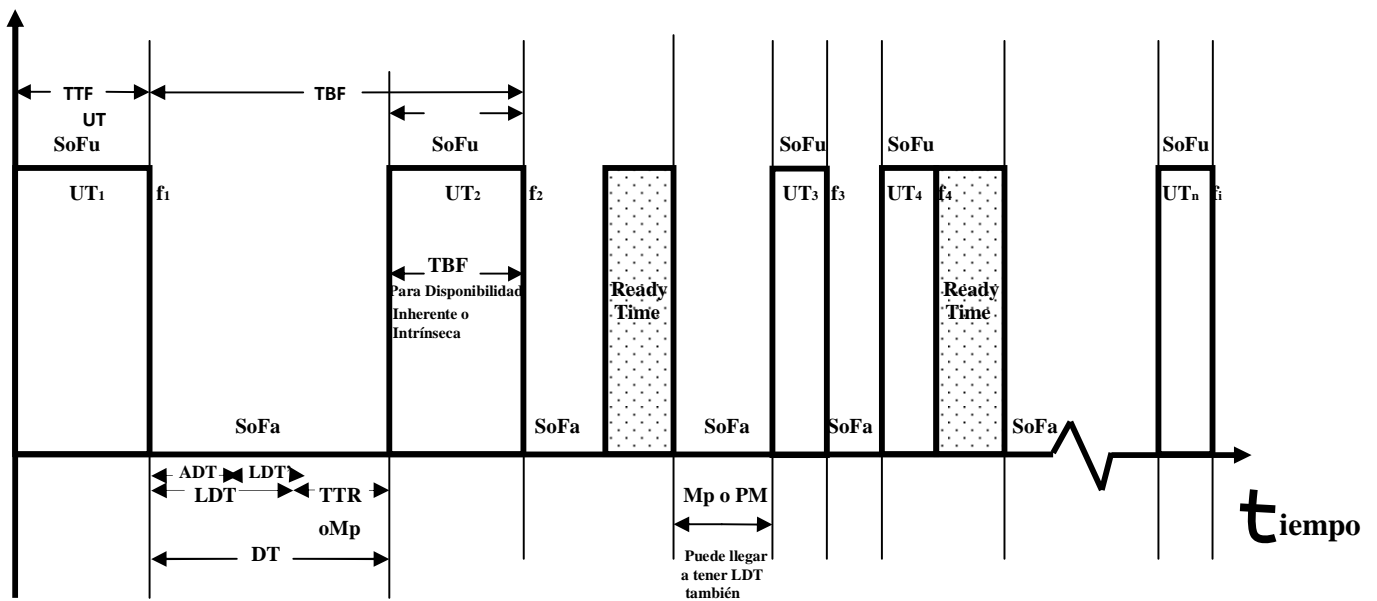
<sup>70</sup>BLANCHARD, Benjamin; VERMA; DINESH, PETERSON, ELMER. Maintainability: a Key to effective serviceability and maintenance management: Series nuevas dimensiones en ingeniería. USA: Edit. Wiley Interscience, Wiley John & Sons, Incorporated, 1994. 560p.

<sup>71</sup>LEEMIS, Lawrence. Reability Probabilistic Models and Statical methods Englewood Cliff Prentice – Hall. NJ, USA. 1995.

1995) (Díaz, 1992) (Knezevic, 1996) (Ebeling, 2005) (Kelly, y otros, 1998)<sup>72</sup> (Kapur, y otros, 1977) (Rey, 1996) (Halpern, 1978) (Navarro, y otros, 1997)<sup>73</sup> (Modorres, 1993).

Es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un equipo. La mayoría de los usuarios aseguran que necesitan la disponibilidad de un equipo tanto como la seguridad. Hay varios métodos para lograrlo, uno es construir un equipo que cuando falle sea fácil de recuperar, y el otro es que sean confiables, y por lo tanto, demasiado costosos (Knezevic, 1996)<sup>74</sup>.

Figura 37. Tiempos importantes, siglas y demás convenciones que se usan en la medición y predicción del CDM.



Fuente: Mantenimiento Industrial Efectivo<sup>75</sup>

<sup>72</sup> KELLY, Anthony Y HARRYS. M. J. Gestión del Mantenimiento Industrial. Madrid, España. Editorial Fundación REPSOL. 1998. 218p.

<sup>73</sup> NAVARRO RUIZ. Gestión integral de mantenimiento. España. Marcombo S.A. 1997. 112p.

<sup>74</sup> KNEZEVIC, Jezdimir. Mantenimiento Edición 4. Editorial Isdefe Madrid. Abril 1996.

<sup>75</sup> MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo, 2009 P.63



- **TTF=** Time ToFailure = Tiempo hasta Fallar (se usa en equipos que solo fallan una vez, no reparables)
- **fi=** Falla i-ésima
- **n =** número de fallas ocurridas en el tiempo que se revisa, desde f1, hasta fi.
- **TTR=** Time ToRepair = Tiempo que demora la reparación neta, sin incluir demoras ni tiempos logísticos, ni tiempos invertidos en suministros de repuestos o recursos humanos.
- **MTTR=** Mean Time ToRepair = Tiempo Medio para Reparar =  $\sum TTR / n$
- **TBF =** Time Between Failures = Tiempo entre Fallas
- **m=** número de eventos de tiempos útiles que ocurren durante el tiempo que se evalúa.
- **MTBF=** Mean Time Between Failures = TiempoMedio entre Fallas =  $\sum TBF / m$
- **UT=** Up Time = Tiempo Útil en el que equipo funciona correctamente.
- **MUT=** Mean Up Time = Tiempo Medio de Funcionamiento entre Fallas =  $\sum UT / m$
- **DT=** Down Time = Tiempo no operativo
- **MDT =** Mean Down Time = Tiempo Medio de Indisponibilidad o no funcionamiento entre Fallas =  $\sum DT / n$
- **ADT=**AdministrativeDelay Time = retrasos administrativos exógenos a la actividad propia de reparación, diferentes al tiempo activo neto de la reparación; ejemplos de estos son: suministro de personal especializado, entrenamiento de recursos humanos requeridos para esa reparación, revisión de manuales de mantenimiento u operación, localización de herramientas, cumplimiento de procesos y/o procedimientos internos, etc.
- **LDT'=**LogisticsDelay Time= retrasos logísticos la obtención de insumos para la reparación, en los procesos de mantenimiento o de producción, en los tiempos de suministros, etc. Como por ejemplo el tiempo requerido para transporte de repuestos, o el tiempo que hay que esperar a que se construya un repuesto especial por parte de los fabricantes, etc.



- **LDT** =  $ADT + LDT'$  = Logistic Down Time - Tiempo total logístico que demora la acción propia de reparación o mantenimiento. Son todos los tiempos exógenos al equipo que retrasan el tiempo activo. **MLDT** = Mean Logistics Down Time = Tiempo Medio de Tiempos Logísticos de demora.
- **SoFa** = State of Failure = Estado de Falla, el equipo no funciona correctamente.
- **SoFu** = State of Functioning - Estado de Funcionamiento correcto.
- **Mp** = PM = Planned Maintenances = Mantenimientos Planeados, pueden ser preventivos o predictivos.
- **Ready Time** = Tiempo de Alistamiento = el equipo o sistema está disponible, opera pero no produce, no está en carga operativa; funciona mas no produce.  
(Mora, 2007a)

La disponibilidad es una consideración importante en sistemas relativamente complejos, como plantas de energía, satélites, plantas químicas y estaciones de radar. En dichos sistemas, una confiabilidad alta no es suficiente, por sí misma, para asegurar que el sistema esté disponible para cuando se necesite (O'Connor, 2002).

También es una medida relevante y útil en casos en que el usuario debe tomar decisiones para elegir un equipo entre varias alternativas. Para tomar una decisión objetiva con respecto a la adquisición del nuevo equipo, es necesario utilizar información que abarque todas las características relacionadas, entre ellas la disponibilidad, que es una medida que suministra una imagen completa sobre el perfil de funcionalidad (Nachlas, 1995)<sup>76</sup> (O'Connor, 2002) (Mora, 2007b).

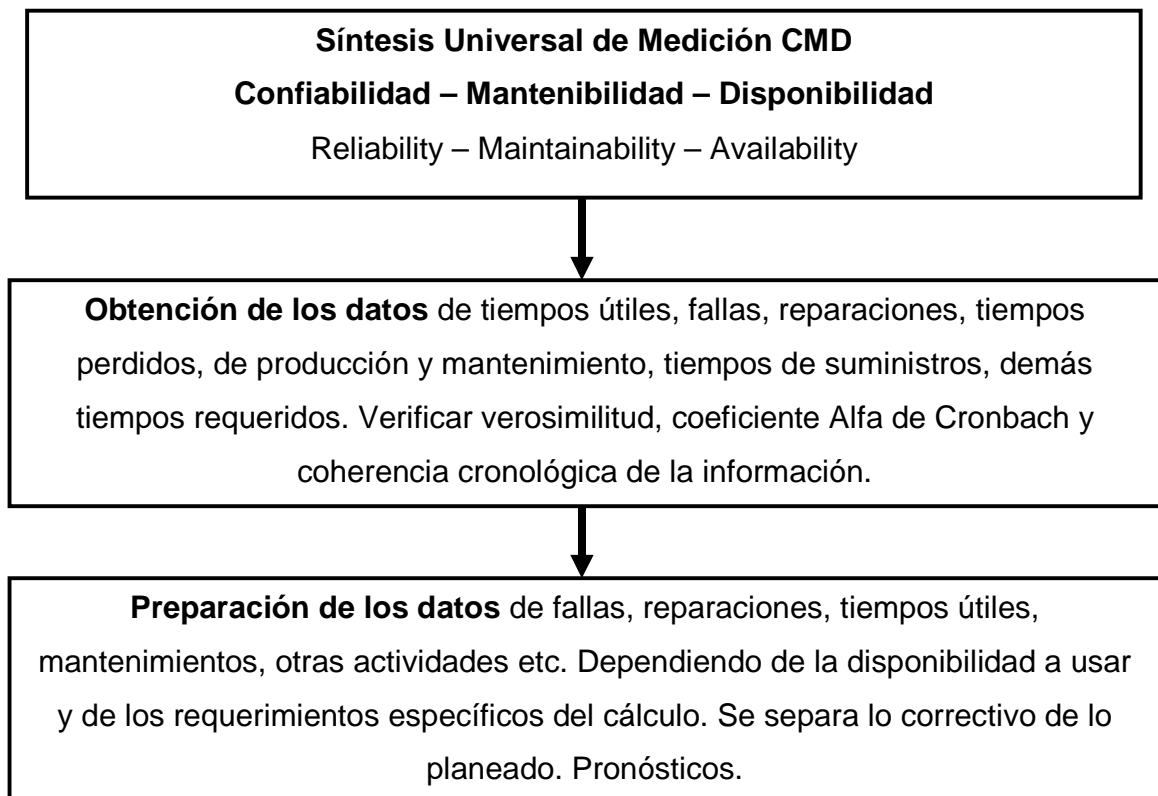
---

<sup>76</sup>NACHALS, Joel. Fiabilidad ISBN 978-84-89338-07-4 Madrid España Isdefe. 1995.

#### 4.2.1 Modelo Universal Para Diagnosticar – CDM

El método internacional se conforma de varias etapas, la primera de ellas se dedica a definir los pasos claves para la obtención, tabulación, manipulación y tratamiento de los datos; con el fin de que sean compatibles en su forma, estilo y composición básicos para los cálculos en los métodos puntual y de distribuciones.

Figura 38. Primera etapa de datos para la predicción CDM



En la segunda fase, se debe decidir la disponibilidad más adecuada acorde a los datos que se posean y a las expectativas de la empresa, acorde a los elementos que desea controlar, todas difieren y prestan diferentes servicios, en síntesis sus ventajas, son:

<sup>77</sup>MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo, 2009 P.64



Figura 39. Etapa dos de selección de disponibilidad a usar en predicción CDM aplicables a este caso

<b>Disponibilidad factible de calcular o deseada de utilizar</b>	
<b>Genérica o de Steady - state</b>	<p>Es útil cuando no se tienen desglosados los tiempos de reparaciones o de mantenimientos planeados; o cuando no se mide con exactitud ni los tiempos logísticos, ni administrativos, ni los tiempos de demoras por repuestos o por recursos humanos que afectan el DT.</p> <p>No se asume que los UT sean altos y los DT bajos. Es útil al iniciar procesos CMD, engloba todas las causas.</p> <p>Debe entre 2 o n eventos.</p>
<b>Intrínseca o Inherente</b>	<p>Considera que la no funcionalidad del equipo es inherente no mas al tiempo activo de reparación.</p> <p>No incluye los tiempos logísticos, ni los tiempos administrativos, ni los tiempos de demora en suministros. Asume idealmente que todo esta listo al momento de realizar la reparación.</p> <p>Se debe cumplir que los UT sean muy superiores en tiempo a los MTTR (al menos unas 8 o mas veces ) y que el DT tiende a cero en el tiempo.</p>

Fuente: Mantenimiento Industrial Efectivo<sup>78</sup>

#### 4.2.1.1 Disponibilidad Genérica

Sirve para organizaciones que no predicen ni manejan CMD, la información que se dispone, solo contempla los tiempos útiles y los de no funcionalidad (sin especificar causa, ni razón, ni tipo). Es muy adecuada para inicializar pruebas pilotos en las empresas. Los parámetros que usa, son: UT y DT.

#### 4.2.1.2 Disponibilidad Inherente o Intrínseca

Es muy útil cuando se desea controlar las actividades de mantenimientos no planeados (correctivos y/o modificativos). Solo contempla su posible uso cuando los promedios de tiempos útiles son supremamente grandes frente a los DT y los tiempos de retraso o demora administrativos o físicos son mínimos o tienden a cero (al igual las otras tres disponibilidades que siguen: Alcanzada, Operacional y Operacional generalizada). Sus parámetros son MTBF y MTTR. Solo tiene en cuenta daños o fallas o pérdidas de funcionalidad, por razones propias del equipo y no exógenas al mismo.

<sup>78</sup>Ibít 65



#### 4.2.1.3 Disponibilidad Alcanzada

Para controlar las tareas planeadas de mantenimiento (tareas proactivas: preventivas o predictivas) y las correctivas por separado, no le interesan los tiempos de espera, ni los registra obligatoriamente. Es muy rigurosa en el manejo y especificación de la información, requiere un manejo detallado y preciso. Usa como parámetros de cálculo, a: MTBM, MTBMc, MTBMp, MTTR,  $Mp, \frac{1}{M}$ , etc.

#### 4.2.1.4 Disponibilidad Operacional

Es adecuada cuando se desea vigilar de cerca los tiempos de demoras administrativas o de recursos físicos o humanos, trabaja con las actividades planeadas (preventivas o predictivas) y no planeadas (correctivas o modificativas) de mantenimiento, en forma conjunta. Es precisa, exigente y metódica para su predicción. Su implementación requiere mucho esfuerzo y exige bastantes recursos económicos. Utiliza los mismos parámetros de la anterior Alcanzada más los correspondientes a demoras: ADT, LDT' y LDT.

#### 4.2.1.5 Disponibilidad Operacional Generalizada

Se usa cuando se predice el CMD en equipos con mucho tiempo de operación en que funcionan mas no producen, algo así como trabajar en vacío, por ejemplo una turbina de generación a carga mínima, un compresor de aire al mínimo, una bomba de agua en recirculación por no tener carga, un vehículo detenido y encendido pero en neutro en su caja de cambios. Trabaja con los mismos parámetros de la Operacional, solo que los tiempos en que la máquina funciona, pero que no produce (denominados en inglés Ready Time) se les agrega a los tiempos útiles más cercanos en fecha; para de esta manera aumentar los tiempos útiles que si no se registrasen los Ready Time. Es la más compleja y completa de las disponibilidades, pero así mismo la más exigente y costosa de implementar, aparte de que la empresa debe tener ya mucha experiencia en el tema<sup>79</sup>.

<sup>79</sup> Ibíd. P64.



## **5. MEJORAMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES POR MEDIO DEL CONTROL DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE GRUPOS ELECTRÓGENOS.**

Las redes de telecomunicaciones comprenden muchos mas elementos de los descritos anteriormente, sin embargo la generalidad de las redes de telecomunicaciones móviles contiene los elementos que fueron los detallados en los capítulos anteriores. Resumiendo los procesos que se generan a partir de una llamada telefónica desde un dispositivo móvil, sería la siguientes secuencia de eventos: se realiza la llamada, esta es aceptada por la red pública móvil terrestre o PLMN a través de las estaciones base (BTS), esta señal o comunicación es transmitida por medio de las redes de transmisión ya sea por medios guiados o no guiados hasta las controladoras de estaciones base (BSC) y llevadas por las demás plataformas que enrutan la llamada hacia su destino. En este proceso tan complejo y donde intervienen tantos elementos, se observa que la disponibilidad de estos equipos en temas relacionados con energía es uno de los puntos cruciales, es por ello que mantener el control del consumo de combustible es indispensable para generar una alta disponibilidad de los grupos electrógenos que dan respaldo de energía a todos los componentes de las redes de telecomunicaciones.

Las fallas de energía en las redes de suministro comerciales son recurrentes sobre todo en las zonas rurales; el agravante de esta situación, para la compañía del caso de estudio, es que al presentarse la falla de energía las plataformas de gestión que monitorean estas fallas, observaban momentáneamente dicha ausencia de energía comercial, luego cuando el motogenerador se enciende esta alarma de ausencia de energía o falla de energía se clarea o cesaba, sin existir un control del tiempo que el motogenerador permanecía encendido, siendo incluso por periodos de tiempo amplios llegando a ser días; esto ocasionaba el agotamiento de combustible en la estación innecesariamente puesto que había algunas fallas que los técnicos de campo podían corregir inmediatamente pero



que no se detectaba la falla en las redes comerciales porque el centro de gestión pensaba que la falla de energía comercial había cesado, estando por el contrario haciéndose un consumo innecesario de combustible en estos casos. Posteriormente en la próxima falla de energía o incluso al agotarse el combustible, se generaba una indisponibilidad de los equipos luego de agotar por completo las baterías que dan soporte por algunas horas ya que no existía un control de combustible. Siendo este el objetivo principal del presente trabajo, el control del combustible. Al mismo tiempo se plantea predecir o anticipar, utilizando los datos de la implementación de la alarma de encendido de motogenerador, cuando una estación podría ocasionar indisponibilidad por agotamiento de combustible. Esta implementación e investigación pretende mitigar este tipo de fallas, y aportar a dar cumplimiento con las exigencias del Min TIC (Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) de mantener una disponibilidad de servicio del 99.95% para las estaciones de telecomunicaciones del tipo A (ubicadas en zonas urbanas y cabeceras municipales) y un 99.8% para estaciones tipo B (ubicadas en zonas rurales y cerros) según la resolución 3067 de 2011. Es de aclarar que estos indicadores de disponibilidad son globales y contienen también el aporte de fallas por problemas en redes de transmisión los cuales son ajenos al estudio.

## **5.1 SELECCIÓN Y DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD.**

El estudio se realiza para la regional del oriente la cual cuenta con un total de 203 Estaciones con Motogenerador.

Como primer paso se debe seleccionar que tipo de disponibilidad se puede aplicar al caso en estudio en el que se cuenta con los siguientes datos: Tiempos de funcionalidad y tiempos de no funcionalidad, una Descripción del evento, tipo de falla, la causa de la falla, la solución, BSS, SiteBtsm, Nombre Btsm y la persona que atendió la falla.



Con los datos mencionados se pueden calcular las disponibilidades Genérica e Inherente o Intrínseca y no se pueden aplicar las disponibilidades Alcanzada, Operacional y Operacional Generalizada. En la siguiente tabla se explica las razones por las cuales se elige realizar el cálculo de la Disponibilidad Inherente o intrínseca.

Tabla 2. Elección de la Disponibilidad.

Tipo de Disponibilidad	Algunos Requisitos	Observación
<b>Disponibilidad Genérica</b>	UT y DT, útil para iniciar procesos CDM	Se tiene los datos y es útil para iniciar el proceso
<b>Disponibilidad Inherente o Intrínseca</b>	UT>>DT y útil para controlar mantenimientos no planeados	Se tiene los datos, es útil para controlar correctivos
<b>Disponibilidad Alcanzada</b>	MTTR, MTBF, MTBM, MTBMc, MTBMp, $Mp, \frac{-}{M}$ discrimina entre mantenimientos correctivos y planeados	Mas exigente al intentar controlar los mantenimientos planeados, no es la finalidad del estudio
<b>Disponibilidad Operacional</b>	Tiempos de logística y administrativos	No se tiene registro de estos tiempos
<b>Disponibilidad Operacional Generalizada</b>	Tiempos de logística y administrativos	No se tiene registro de estos tiempos

Fuente: Los Autores

Se elige la Disponibilidad Inherente o intrínseca porque la finalidad es la mejora de la disponibilidad por medio del monitoreo del consumo de combustible evitando la aparición de los mantenimientos correctivos y porque se cumple que el MUT es

mas de 10 veces el MDT por lo tanto MUT es aproximadamente el MTBF y MDT es aproximadamente el MTTR.

Para el cálculo de la disponibilidad se cuenta con una aplicación llamada Pegaso que permite bajar los datos en una tabla la cual reporta todas las fallas con los detalles de cada estación el Down time, la descripción, la solución y la causa.

En las siguientes figuras se muestra el procedimiento para bajar el informe en Excel utilizando la herramienta Pegaso.

Figura 40. Filtros de eventos de indisponibilidad – Periodo a analizar (PEGASO)

Exportar a excel:

Lista Eventos Indisponibilidad  
 Num Registros encontrados: 7177

Cod. BSC	Cod. bts	Nom. bts	Sector	Inicio Evento	Fin Evento	Indispon h:mm:ss	Indispon Dec.	Tiq./VM id	Descripcion	Solucion	Ponder.	Regional	Plataf.	Lista Negra	F. indispon	Tipo Evento	Contacto CM	Causa Falla	Prove. Tx	Carrier. bts	Carrier. reg	Carrier. bsc	Motogen	ID Grupo
----------	----------	----------	--------	---------------	------------	------------------	---------------	------------	-------------	----------	---------	----------	---------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-----------	--------------	--------------	--------------	---------	----------

Fuente: Confidencial



Figura 41. Filtros de eventos de indisponibilidad – Regionales (PEGASO)

**Filtros eventos indisponibilidad**

Selección los filtros deseados y de clic en Buscar

Fecha Desde: 2011-09-01 00:00:00

Fecha Hasta: 2011-09-30 23:59:00

Regional: ORIENTE

Cod BSC: Todas...

Nombre bts: nulo

Sector: NOR-OCCIDENTE

Proveedor Tx: CENTRO

VM/Tiquete:  VM  Tiquete  Vacío  Todos

Indispon Dec >= :

Indispon Dec <= :

Lista Negra:  SI  NO

Mostrar eventos?:  SI  NO

Fuente: Confidencial

Figura 42. Informe en Excel listado de fallas

BSS	new site_Btsm	Nombre_Btsm	Inicio	Cesada	T_Solucion	Min reales	Descripcion	Solucion	tipo_falla	contact_name	fail_cause_name	Regional
BSCBUC03H	EST-1	YONDO	29/09/2010 21:38	29/09/2010 21:38	00:00:57	0,95	BSC_BUC_3 11 Se presenta oc	Energía ó Aire				
BSCBUC01H	EST-1	YONDO	30/04/2010 01:57	30/04/2010 05:37	03:39:37	219,82	Estaciones cald No prende plar	Energía ó Aire		Nefrali Perdomo	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBUC01H	EST-1	YONDO	15/05/2010 22:30	15/05/2010 23:31	01:01:31	81,52	BSCBUC 1 y 3: Se produce un	Energía ó Aire		Nefrali Perdomo	Falla en breaker	ORIENTE
BSCBUC01H	EST-1	YONDO	24/04/2010 21:22	24/04/2010 22:04	00:41:41	41,68	ANT_YONDO, 1 Falla en corta	Energía ó Aire		Nefrali Perdomo	Falla en breaker	ORIENTE
BSCBUC01H	EST-1	YONDO	11/07/2010 16:56	11/07/2010 17:06	00:10:05	10,08	SAT0030, SAT0 Caidas en TX,	Energía ó Aire		Nefrali Perdomo	Falla fase energia co	ORIENTE
BSCBUC04H	EST-1	YONDO	08/12/2010 06:58	08/12/2010 07:06	00:07:06	7,10	SAT_FINCA_ELSE PRESENT/	Energía ó Aire		Javier Espinosa	Corte energia comer	ORIENTE
BSCBUC03H	EST-1	YONDO	05/10/2010 15:19	05/10/2010 15:20	00:01:10	1,17	BSC_BUC_3, P Se presenta fa	Energía ó Aire		Roger Vargas	Falla en breaker	ORIENTE
BSCBUC01H	EST-1	YONDO	11/07/2010 17:06	11/07/2010 17:06	00:00:15	0,25	SAT0030, SAT0 Caidas en TX,	Energía ó Aire		Nefrali Perdomo	Falla fase energia co	ORIENTE
3	EST-2	ARA_TAME	01/09/2010 06:06	01/09/2010 06:09	00:02:39	2,65	ARA_TAME, es Se presenta oc	Energía ó Aire		Carlos A Angulo	Falla Transferencia	ORIENTE
3	EST-2	ARA_TAME	01/09/2010 05:53	01/09/2010 05:55	00:02:17	2,28	ARA_TAME, es Se presenta oc	Energía ó Aire		Carlos A Angulo	Falla Transferencia	ORIENTE
3	EST-4	ARA_ARAGUAN	23/05/2010 00:08	23/05/2010 00:10	00:02:00	2,00	Se presenta fall Se presenta oc	Energía ó Aire		Carlos A Angulo	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-6	EL-PICACHO	25/03/2010 15:10	25/03/2010 15:10	00:00:45	0,75	Falla masiva de Por daño en M	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-6	EL-PICACHO	25/03/2010 15:09	25/03/2010 15:10	00:00:10	0,17	Falla masiva de Por daño en M	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-6	EL-PICACHO	25/03/2010 15:09	25/03/2010 15:09	00:00:06	0,10	Falla masiva de Por daño en M	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-6	EL-PICACHO	25/03/2010 15:08	25/03/2010 15:08	00:00:05	0,08	Falla masiva de Por daño en M	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-6	EL-PICACHO	25/03/2010 15:09	25/03/2010 15:09	00:00:05	0,08	Falla masiva de Por daño en M	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-6	EL-PICACHO	25/03/2010 15:09	25/03/2010 15:09	00:00:05	0,08	Falla masiva de Por daño en M	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-6	EL-PICACHO	08/05/2010 00:00	08/05/2010 13:47	13:47:48	827,80	BOY_EL_PICACHO Des carga elect	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Des carga electrica	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-6	EL-PICACHO	07/05/2010 14:36	07/05/2010 17:12	02:36:19	156,32	BOY_EL_PICACHO Des carga elect	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Des carga electrica	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-6	EL-PICACHO	02/09/2010 16:59	02/09/2010 18:00	01:01:44	61,73	BSCBOY01 BO despues de un	Energía ó Aire				
BSCBOY01H	EST-6	EL-PICACHO	19/06/2010 07:02	19/06/2010 08:03	01:00:25	60,42	BOY_EL_PICACHO En el evento d	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-6	EL-PICACHO	27/11/2010 11:43	27/11/2010 12:17	00:33:49	33,82	BOY_EL_PICACHO, Estacion j	Energía ó Aire		Luis Alfredo Salamanca		ORIENTE
BSCBOY01H	EST-7	VENTAQUEMAD	01/11/2010 09:01	01/11/2010 11:27	02:26:15	146,25	BOY_VENTAQUEMAD En una falla in	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Corte energia comer	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-7	VENTAQUEMAD	25/03/2010 15:10	25/03/2010 15:10	00:00:45	0,75	Falla masiva de Por daño en M	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-7	VENTAQUEMAD	25/03/2010 15:09	25/03/2010 15:09	00:00:06	0,10	Falla masiva de Por daño en M	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-7	VENTAQUEMAD	25/03/2010 15:08	25/03/2010 15:08	00:00:05	0,08	Falla masiva de Por daño en M	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-7	VENTAQUEMAD	25/03/2010 15:09	25/03/2010 15:09	00:00:05	0,08	Falla masiva de Por daño en M	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-7	VENTAQUEMAD	25/03/2010 15:09	25/03/2010 15:09	00:00:05	0,08	Falla masiva de Por daño en M	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-7	VENTAQUEMAD	25/03/2010 15:09	25/03/2010 15:10	00:00:05	0,08	Falla masiva de Por daño en M	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-8	PTE-BOYACA	08/05/2010 01:04	08/05/2010 09:31	08:27:24	507,40	BOY_DUITAMA fuerte aguacer	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Des carga electrica	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-8	PTE-BOYACA	21/10/2010 03:26	21/10/2010 08:21	04:55:33	295,55	Estacion pres er Despues de ur	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Corte energia comer	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-8	PTE-BOYACA	14/05/2010 04:49	14/05/2010 08:50	04:01:44	241,73	BOY0003, PTE- La estacion se	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-8	PTE-BOYACA	31/05/2010 07:22	31/05/2010 09:49	02:27:06	147,10	BOY_PUENTE, la estacion esti	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla fase energia co	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-8	PTE-BOYACA	19/03/2010 14:00	19/03/2010 16:04	02:03:53	123,88	BOY_PUENTE, se encontro fal	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-8	PTE-BOYACA	27/03/2010 16:39	27/03/2010 16:54	00:15:15	15,25	BSCBOY01 BO En las noches	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Corte energia comer	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-8	PTE-BOYACA	08/05/2010 14:23	08/05/2010 14:26	00:02:20	2,33	BOY_DUITAMA fuerte aguacer	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Des carga electrica	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-8	PTE-BOYACA	25/03/2010 15:10	25/03/2010 15:10	00:00:45	0,75	Falla masiva de Por daño en M	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Falla Transferencia	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-8	PTE-BOYACA	27/03/2010 16:36	27/03/2010 16:37	00:00:25	0,42	BSCBOY01 BO En las noches	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Corte energia comer	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-8	PTE-BOYACA	27/03/2010 16:37	27/03/2010 16:37	00:00:20	0,33	BSCBOY01 BO En las noches	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Corte energia comer	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-8	PTE-BOYACA	27/03/2010 16:35	27/03/2010 16:36	00:00:15	0,25	BSCBOY01 BO En las noches	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Corte energia comer	ORIENTE
BSCBOY01H	EST-8	PTE-BOYACA	27/03/2010 16:37	27/03/2010 16:38	00:00:15	0,25	BSCBOY01 BO En las noches	Energía ó Aire		Luis Alfredo Sala	Corte energia comer	ORIENTE

Fuente: Confidencial



En el informe de Excel se pueden observar todas las fallas que se presentaron en el periodo elegido previamente y se especifica la fecha y hora exacta de inicio y cesada de la falla, utilizando estos datos se puede hallar el down time, además muestra que tipo de falla se presentó, quien la atendió, una descripción y la solución de la misma.

En el análisis de estos datos se realiza un proceso de filtraje que seleccione las estaciones en las cuales se va a trabajar, se seleccionan solo las fallas debido a la ausencia de energía y por agotamiento de combustible.

Con los eventos seleccionados se crea una nueva tabla que contenga los acumulados de tiempo de no funcionalidad y del numero de fallas de cada Estación en estudio y se procede al cálculo de la disponibilidad.

Se debe tener en cuenta que para un  $UT \gg DT$  se cumple que:

$MTBF \cong UT$  y  $DT \cong MTTR$

$$\frac{MUT}{MUT + MDT} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Entonces

$$Disponibilidad\ Inherente = A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Ahora

Para el periodo de un año, una Estación podría funcionar sin que ninguna falla cause indisponibilidad: 360 días por 24 horas por 60min = 525.600 minutos.

Y si se toma como ejemplo la Estación Yondo con una indisponibilidad en el 2010 de 342,37 minutos y un número de fallas de 8, la Disponibilidad Inherente es:

*tiempo de funcionalidad = tiempo total sin fallas – tiempo de no funcionalidad*

$$MTBF = \frac{\text{tiempo de funcionalidad}}{\text{numero de fallas} + 1}$$

$$MTTR = \frac{\text{tiempo de no funcionalidad}}{\text{numero de fallas}}$$

$$\text{Disponibilidad Inherente} = Ai = \frac{525.600 - 342,37}{\left(\frac{525.600 - 342,37}{8+1}\right) + \left(\frac{342,37}{8}\right)} = 99,9267\%$$

La estación Yondo tiene una Disponibilidad Inherente de 99,9267% por debajo de las exigencias del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones 99,95% zona Urbana y 99,98% zona rural.

Tabla 3. Calculo en Excel de la Disponibilidad 2010 Estación Yondo

new site_Btsm	NameSite	Estado	Tiempo Indisp 2010	N° fallas 2010	DISP 2 INEHE% 2010
EST-1	Yondo	on	342,37	8,00	99,9267%

Fuente: Los Autores

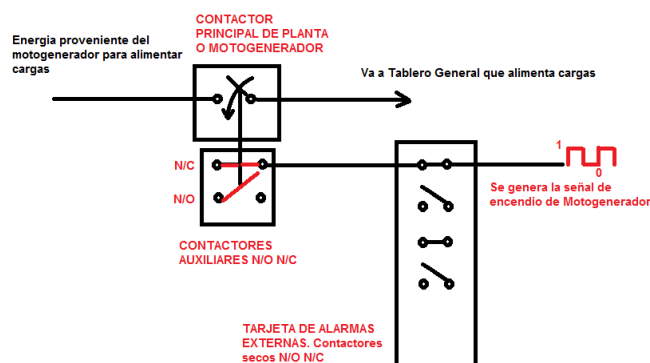
En los numerales 5.2 y 5.3 se muestra la forma como se implementó la alarma de encendido de Motogeneradores y posteriormente se da paso nuevamente al análisis de la disponibilidad obtenida después de la implementación.

## 5.2 MANUAL PARA LA INSTALACIÓN DE LA ALARMA DE ENCENDIDO DE MOTOGENERADORES

En el anexo A, se podrá apreciar de forma detallada la manera como se realizó la implementación de esta alarma. Con esta alarma se genera un registro sobre el evento de encendido de cada motogenerador el cual soporta las cargas

asociadas(Equipos de Transmisión, luces de balizaje, luces perimetrales, tomas de energía para equipos portátiles, etc) en las estación base transmisora receptora (BTS). Para dar una explicación resumida sobre este tópico, básicamente cada BTS posee una tarjeta de alarmas externas, que no es otra cosa que un juego o conjunto de contactos secos normalmente cerrados (NC) o normalmente abiertos (NO), los cuales al abrirse o cerrarse cierran un circuito eléctrico que posteriormente se convierte en una señal digital la cual se etiqueta de acuerdo a lo que se quiera gestionar;esto es desde la apertura de una puerta, el aumento de temperatura a cierto nivel crítico, hasta el encendido del motogenerador. Esta alarma es vista en el centro de operaciones de red (NOC por sus siglas en ingles) por medio del M2012, herramienta computacional de la cual se habló en el capítulo 1 numeral 1.6.1, esta plataforma permite ver las alarmas asociadas a fallas que ocurren en tiempo real. Esta señal proveniente del encendido del motogenerador se obtiene o captura por medio de los contactos auxiliares del contactor principal de planta o emergencia (para ver lo relacionado con transferencias remitirse al capítulo 3 numeral 3.5), ya que al cerrarse este contactor, para dar energía proveniente de la planta,también cierra o abre los contactos auxiliares que a su vez cierra o abre el circuito asignado en la tarjeta de alarmas de la BTS y así se inicia la alarma.

Figura 43. Generación de la alarma de encendido de motogenerador desde el contactor hacia la tarjeta de gestión de alarmas externas



Fuente: Los Autores.



A su vez esta señal genera un registro que se almacena en el servidor de la controladora de estaciones base (BSC); este registro puede ser llamado por el administrador de la herramienta y exportado en un archivo de texto plano para procesar la información de acuerdo a la necesidad, además el registro deja una huella de tiempo sobre la alarma en particular, marcando el inicio y el final de la misma. Con este registro se desarrolla el control del consumo de combustible como se explicara en el siguiente numeral.

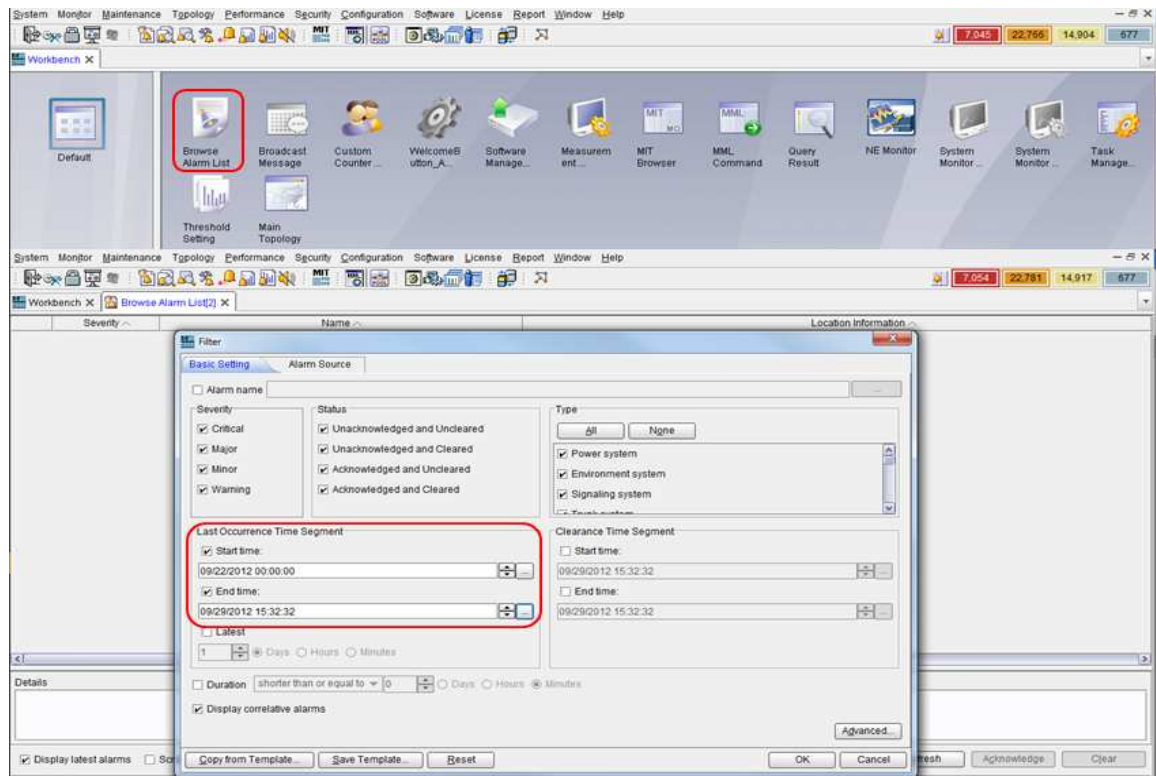
### **5.3 IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA EL CONTROL DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.**

Como se explico en el capítulo1, numeral 1.6.1 sobre el M2012, las redes de telecomunicaciones cuentan con plataformas que permiten realizar una gestión remota sobre los elementos que conforma la red; una de estas plataformas es el M2012. A través de esta se pueden extraer y/o descargar los registros de eventos relacionados para cualquier falla que se genere sobre los equipos de telecomunicaciones y que este debidamente etiquetada. Estas alarmas, sobre las fallas de diferente índole,generan un registro que se almacena en un servidor asociado a cada controlador de estaciones base (BSC). Es por este medio y utilizando una tarjeta de alarmas externas ubicada en cada estación base transmisora receptora (BTS)más los arreglos con los contactores auxiliares del contactor principal de planta en la transferencia, que se logra el control del consumo de combustible, como se explico en el numeral anterior y más detalladamente se puede ver en el anexo A.

El procedimiento para obtener los registros del momento en que se enciende un motogenerador es el siguiente.

Acceder a la herramienta con los perfiles de administrador de la misma,posteriormente se selecciona un intervalo de tiempo, generalmente 1 semana vencida o la semana anterior, figura 44.

Figura 44. Accesos iniciales a la herramienta M2012



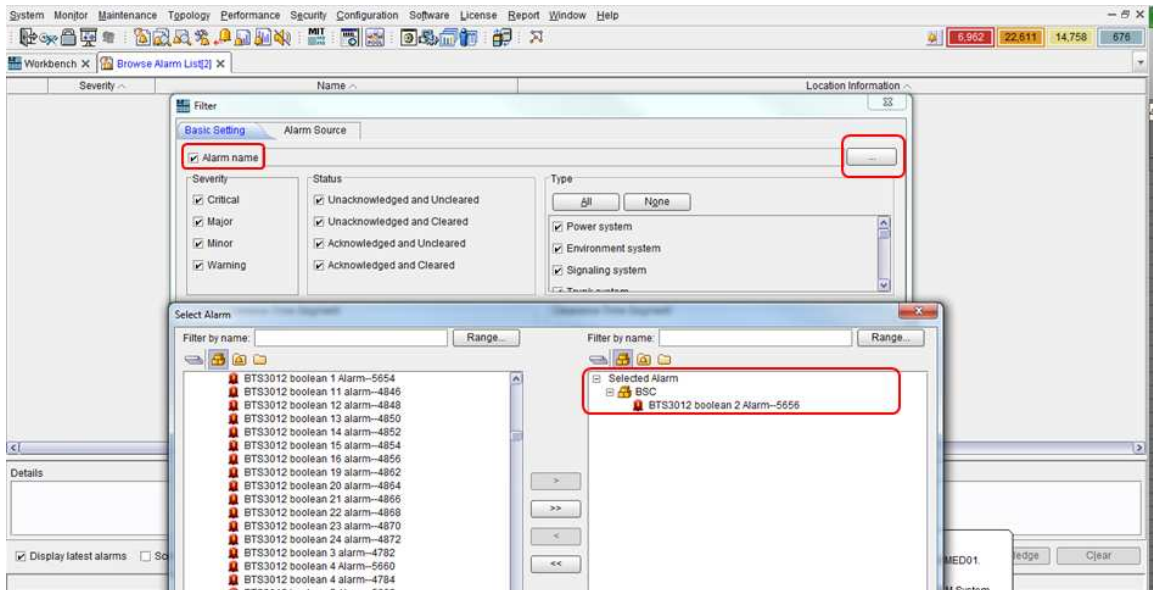
Fuente: Confidencial.

Se selecciona el tipo de alarma de la cual se quiere obtener los registros del periodo de tiempo seleccionado, o se puede exportar todas las alarmas y desde Excel hacer los filtros, ver figura 45.

Seleccionar el controlador de estaciones base (BSC), la cual están asociadas las estaciones sobre las cuales se quiere hacer el seguimiento y control, ver figura 46.

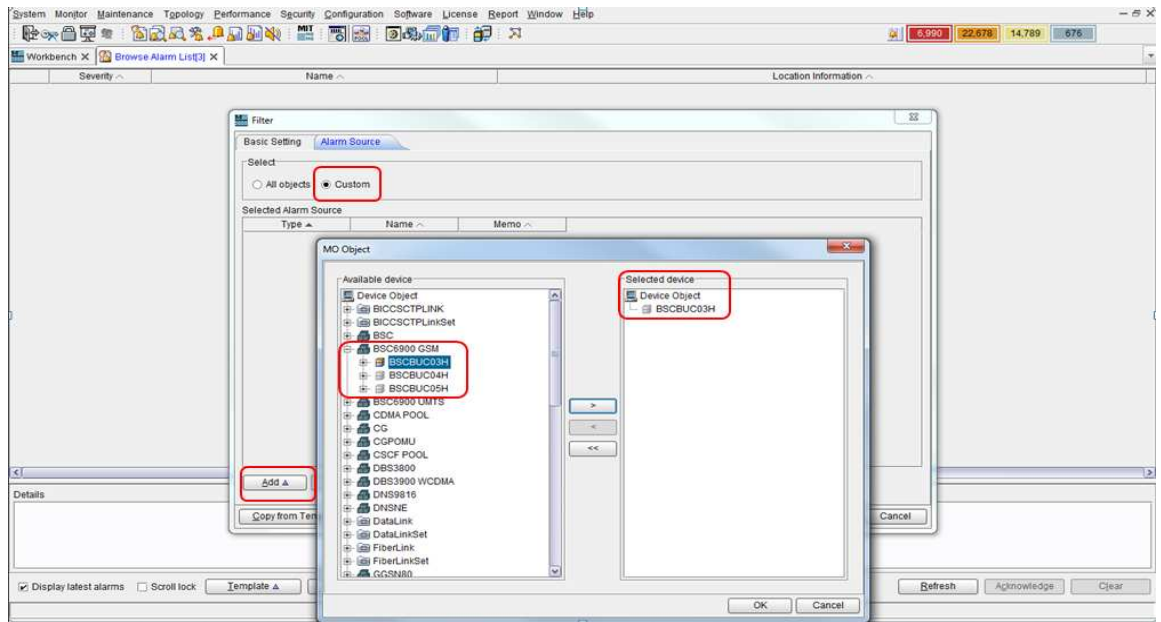
Exportar en un archivo plano, generalmente .xls, todos los registros que se almacenaron de la alarma en particular, encendido de Motogenerador, ver figura 47.

Figura 45. Selección de alarmas en el M2012



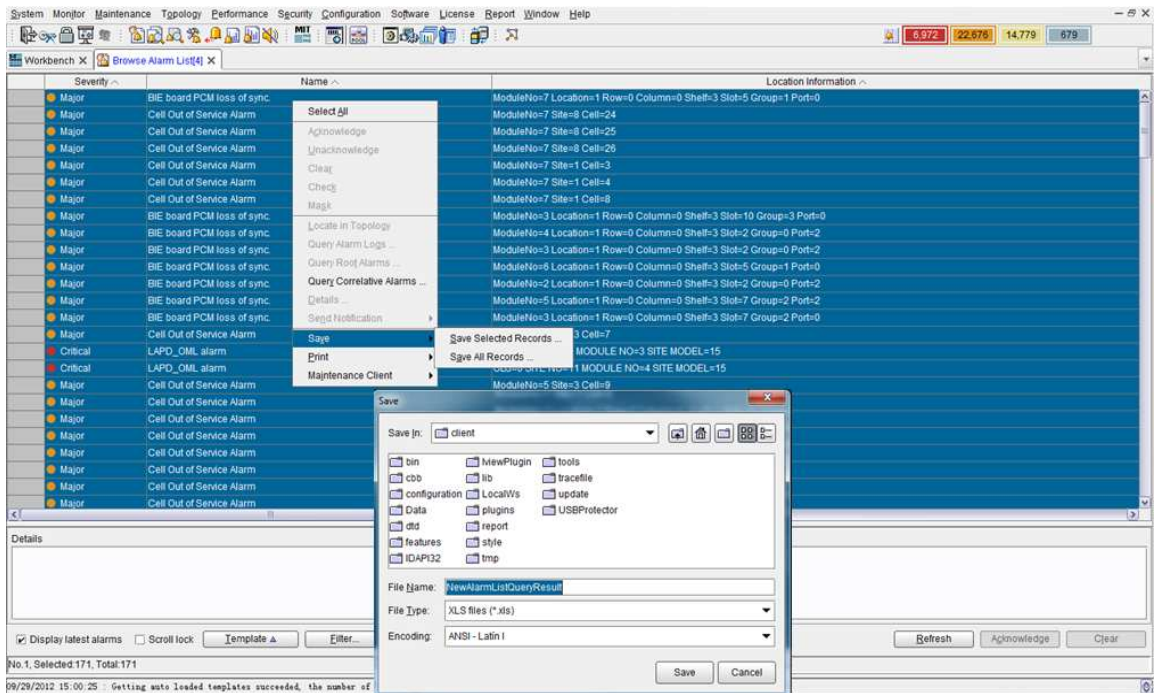
Fuente: Confidencial.

Figura 46. Selección de Controladora de estaciones base (BSC) en el M2012



Fuente: Confidencial.

Figura 47. Exportar archivos del M2012 en .xls.



Fuente: Confidencial.

Una vez concluido el procedimiento anterior con la exportación de los datos, se inicia el procesamiento de la información en Excel realizando una serie de filtros y tablas dinámicas, como se aprecia en la figura 48. Esta información arroja un número de minutos u horas que permaneció encendido cada motogenerador que esta siendo gestionado, asociado a una BTS. En este reporte, como se indicó anteriormente, se almacenan el dato de fecha, hora, minuto de inicio de la alarma así como el dato del tiempo de finalización de la misma.

Posteriormente en otro cuadro de Excel que se denomina “Seguimiento Consumo de Combustible y Horas de Operación de MG 2012”, el cual se constituye en la herramienta para el control del consumo de combustible, ver figura 49, se almacenan y suman las horas trabajadas semana a semana por cada motogenerador, este dato se compara con los galones de combustible que se tiene en cada sitio desde la última fecha de tanqueo haciendo un prorrateo. Para este prorrateo se toma una relación entre en consumo de combustible y las horas de



trabajo del motogenerador, así por ejemplo, 1 hora de trabajo del motogenerador equivale aproximadamente a 1.1 galones de combustible para un motogenerador marca Cummins de una potencia de 35 kVA. Entonces cuando los niveles del combustible están en un porcentaje determinado, en el cuadro se generan alarmas visuales, menor a 30% verde, entre 30 y 70% amarillo y superior al 70% rojo, ver figura 50; esto indica cuando una estación esta próxima a agotar el combustible; es así como se logra que en las estaciones no se presente este tipo de fallas y no se genere indisponibilidad. Posteriormente es enviado un programa de suministros de combustibles correctivos a contratistas los que se ejecutan de manera inmediata.

Figura 48. Procesamiento de la información exportada del M2012

Severity	Name	Occurrence Time(NT)	Clearance Time(NT)	Horas Trabajadas	Id Site BTS	Nombre de la estacion	Alarm ID	Clearance Status	Acknowledgment Time(ST)	Log Serial Number	Equipment Alarm Serial Number	Id Site BTS	Total
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 00:38	02/09/2012 00:39	0,02	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	03/09/2012 01:02	831590620	92756	EST0012	0,252
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 00:42	02/09/2012 00:44	0,03	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	03/09/2012 01:02	831590918	82789	EST0013	0,253
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 00:49	02/09/2012 00:51	0,03	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	03/09/2012 01:02	831591523	92854	EST0015	0,268
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 00:52	02/09/2012 01:00	0,13	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	03/09/2012 01:02	831591762	82882	EST0017	0,250
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 01:01	02/09/2012 01:15	0,23	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	04/09/2012 00:59	831592589	92983	EST0021	0,288
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 01:23	02/09/2012 03:36	2,22	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	04/09/2012 00:59	831594329	93156	EST0024	0,013
Warning	First extended I/O alarm	02/09/2012 02:53	02/09/2012 03:26	0,54	EST0129	OLIVAL	2402	Cleared	04/09/2012 01:00	831601492	4995688	EST0037	34,652
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 03:36	02/09/2012 03:36	0,00	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	04/09/2012 00:59	831605004	94268	EST0039	0,387
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 03:37	02/09/2012 03:39	0,02	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	04/09/2012 00:59	831605109	94277	EST0040	0,368
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 03:41	02/09/2012 03:42	0,03	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	04/09/2012 00:59	831605357	94314	EST0055	0,786
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 03:43	02/09/2012 03:44	0,02	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	04/09/2012 00:59	831605539	94336	EST0058	0,253
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 03:45	02/09/2012 03:46	0,02	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	04/09/2012 00:59	831605697	94353	EST0062	0,251
Warning	First extended I/O alarm	02/09/2012 03:50	02/09/2012 04:12	0,37	EST0129	OLIVAL	2402	Cleared	04/09/2012 01:00	831606151	4995784	EST0063	0,249
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 03:51	02/09/2012 03:55	0,07	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	04/09/2012 00:59	831606223	94409	EST0066	0,278
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 03:55	02/09/2012 03:58	0,04	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	04/09/2012 00:59	831606539	94446	EST0068	0,247
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 03:58	02/09/2012 04:04	0,09	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	04/09/2012 00:59	831606736	94471	EST0069	0,248
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 04:06	02/09/2012 04:06	0,00	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	04/09/2012 00:59	831607413	94545	EST0070	0,778
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 04:09	02/09/2012 04:11	0,04	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	04/09/2012 00:59	831607698	94570	EST0072	0,247
Warning	First extended I/O alarm	02/09/2012 04:26	02/09/2012 05:00	0,57	EST0129	OLIVAL	2402	Cleared	04/09/2012 01:01	831609081	4995851	EST0073	0,260
Warning	First extended I/O alarm	02/09/2012 05:14	02/09/2012 06:05	0,86	EST0129	OLIVAL	2402	Cleared	04/09/2012 01:01	831612844	4995938	EST0074	0,050
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 05:55	02/09/2012 05:58	0,05	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	04/09/2012 00:59	831616170	95501	EST0075	0,247
Critical	BTS3012AE Boolean 2 Alarm	02/09/2012 05:58	02/09/2012 05:59	0,03	EST0097	LAESPER	4876	Cleared	04/09/2012 00:59	831616414	95536	EST0076	0,247
Warning	First extended I/O alarm	02/09/2012 06:26	04/09/2012 19:04	60,63	EST0082	LIMITE	2402	Cleared	06/09/2012 00:59	831618856	1843574	EST0077	0,266
Warning	BTS3012AE boolean 2 alarm	02/09/2012 06:26	02/09/2012 06:29	0,05	EST0039	CHIQUE 3	4876	Cleared	04/09/2012 00:59	831618862	1843575	EST0078	0,264
Warning	First extended I/O alarm	02/09/2012 06:29	02/09/2012 06:45	0,28	EST0129	OLIVAL	2402	Cleared	04/09/2012 01:01	831619042	4996074	EST0079	5,431
Critical	First Extended I/O Alarm	02/09/2012 06:48	02/09/2012 16:31	9,71	EST0123	SGIL TERMINAL	2402	Cleared	04/09/2012 01:02	831620770	95984	EST0082	60,675
Critical	First Extended I/O Alarm	02/09/2012 06:48	02/09/2012 16:30	9,69	EST0147	GALLINERAL	2402	Cleared	04/09/2012 01:02	831620774	95988	EST0083	1,287
Critical	First Extended I/O Alarm	02/09/2012 06:48	02/09/2012 18:03	11,25	EST0121	PALO BLANCO	2402	Cleared	04/09/2012 01:02	831620779	95991	EST0091	300,099

Fuente: Los Autores



Figura 49. Herramienta de control de combustible

ID New	Name Site	Tipo de planta	Cap	FC	Existenci a comb en sit	Existenci a comb Facto	Fecha Ultima Sumin	Nueva Fecha tanque	Acumulado Horas	Horas de trabajo Agosto				Horas de trabajo Septiembre					
										Semana 23-5	Semana 5-12	Semana 12-19	Semana 19-26	Semana 26-2	Semana 2-9	Semana 9-16	Semana 16-23	Semana 23-30	
EST0016	Oicata	CUMMINS	35	1.1	180	164	01/03/2012	10/03/2012	94,69			0,25	18,63						
EST0017	Belencito Nobsa	CUMMINS	35	1.1	150	136	01/01/2012	10/05/2012	6,11	1,07	0,25	0,25	2,10	0,25					
EST0021	Pantano de Vargas	PERKINS	16	0.6	190	317	01/08/2011	31/07/2012	24,04	0,78	2,172	0,39	0,29	0,29	0,29				
EST0023	Arcabuco Moniquira	PERKINS	16	0.6	75	125	01/01/2011	28/03/2012	93,93			0,32	50,00	6,15					
EST0024	Bavaria Duitama	PERKINS	16	0.6	190	317	01/03/2012	30/07/2012	0,03					0,02	0,01				
EST0027	Garagoa	PERKINS	16	0.6	210	350	01/08/2011	01/02/2012	2,44			0,05		0,09					
EST0033	Paipa II	PERKINS	16	0.6	55	92	01/08/2011		1,15				1,15						
EST0037	Combita	PERKINS	16	0.6	150	250	26/01/2012	21/06/2012	41,76	0,27	5,47	0,27	0,33	0,71	34,65				
EST0039	Chiquiquira III	PERKINS	16	0.6	110	183	01/01/2012	18/06/2012	32,98	0,13		4,60	27,54	0,33	0,39				
EST0040	Jenesano	PERKINS	16	0.6	200	333	01/02/2012		203,27	0,52	0,98	0,35	0,27	0,33	0,37				
EST0041	Ramiriqui	PERKINS	16	0.6	40	67	01/01/2011		12,73	1,81		0,33							
EST0042	Tenza	PERKINS	16	0.6	205	342	01/08/2011	01/02/2012	10,03	0,77	0,07	0,34		0,13					
EST0047	Aeropuerto	CUMMINS	16	0.6	55	92	01/03/2012		0,49	0,01		0,00							
EST0048	Terminal	CUMMINS	35	1.1	100	91	01/01/2012		47,14				1,08						
EST0049	Floridablanca II	CUMMINS	35	1.1	95	86	01/09/2011	22/03/2012	3,21	0,21									
EST0050	Giron	CUMMINS	35	1.1	55	50	01/01/2011		27,80										
EST0051	La Y	CUMMINS	35	1.1	175	159	01/09/2011	01/03/2012	60,50				32,11						
EST0052	Arenales	CUMMINS	35	1.1	25	23	01/09/2011		14,07				2,74	0,32					
EST0053	Anillo Vial	PERKINS	16	0.6	140	233	01/12/2011	25/03/2012	13,58										
EST0054	Bella Vista	CUMMINS	16	0.6	100	167	01/07/2012		39,82										
EST0055	La Cumbre II	PERKINS	16	0.6	200	333	01/03/2012		7,61			1,51	1,32		0,79				
EST0056	Cootrasur	PERKINS	16	0.6	200	333	01/03/2012		5,89		0,12	0,72							
EST0057	Chimita	MTSUBISHI	16	0.6	110	183	01/04/2012		5,82	0,04		0,11							
EST0058	Los Pinos	PERKINS	16	0.6	100	167	01/01/2012		1,89	0,25				0,10	0,25				
EST0062	Aeropuerto	PERKINS	16	0.6	200	333	01/07/2012		4,22	0,25	0,25	0,25		0,25	0,25				
EST0063	Noragas	PERKINS	16	0.6	170	283	01/11/2011	11/05/2012	12,19	0,25	0,25	0,25		0,25	0,25				
EST0066	Alameda	PERKINS	16	0.6	15	25	01/12/2011		15,06	0,28	0,28	5,36	0,15	0,28	0,28				
EST0068	Quinta Bosh	CUMMINS	12	0.6	140	233	01/11/2011	11/05/2012	5,12	0,76	0,25	0,48		0,25	0,25				
EST0069	Callejon	PERKINS	16	0.6	6	10	01/12/2011		5,22	0,25	0,64	0,25		0,25	0,25				
EST0070	Nisperal	PERKINS	16	0.6	170	283	01/11/2011	11/05/2012	138,56	13,22	0,16	1,26		0,16	0,78				
EST0072	La Playa	CUMMINS	35	1.1	55	50	01/05/2012		5,06	0,25	0,25	0,47		0,26	0,25				
EST0073	Centro 2	PERKINS	16	0.6	25	42	01/03/2012		1,76					0,35	0,26				
EST0074	Cundinamarca	CUMMINS	35	1.1	120	109	01/11/2011	11/05/2012	4,45	0,06	0,29	0,28		0,25	0,05				
EST0075	Santa Clara	PERKINS	16	0.6	200	333	01/11/2011	11/05/2012	4,85	0,38	0,25	0,25		0,25	0,25				
EST0076	Belen	PERKINS	25	0.9	210	233	01/12/2011	12/05/2012	211,59	0,25	0,26	0,25		0,25	0,25				
EST0077	San Mateo	PERKINS	16	0.6	200	333	01/11/2011	10/05/2012	3,46	0,27	0,27	0,27		0,27	0,27				
EST0078	Santa Ana	PERKINS	25	0.9	170	189	01/11/2011	15/06/2012	12,51	0,28	0,28	0,28	0,12	0,26	0,26				
EST0079	Mariano Canina	PERKINS	16	0.6	200	333	01/01/2011	10/05/2012	49,00	22,35	8,41	1,71		7,25	5,43				
EST0082	Limite	CUMMINS	35	1.1	120	109	25/01/2012	09/05/2012	93,46			1,18	0,88	0,26	60,67				
EST0083	Simijaca	PERKINS	16	0.6	110	183	01/07/2012	17/05/2012	73,06	0,78	0,32	0,99	0,32	0,32	1,29				
EST0086	Los Patios	PERKINS	16	0.6	180	300	01/11/2011	10/05/2012	24,18	1,65	0,25	0,25		1,25					

Fuente: Los Autores

Figura 50. Control de combustible y factores de corrección.

Tipo de planta	Cap	FC	Existenci a comb en sit	Existenci a comb Facto	Fecha Ultima Sumin	Nueva Fecha tanque	Acumulado Horas
CUMMINS	35	1.1	180	164	01/03/2012	10/03/2012	94,69
CUMMINS	35	1.1	150	136	01/01/2012	10/05/2012	6,11
PERKINS	16	0.6	190	317	01/08/2011	31/07/2012	24,04
PERKINS	16	0.6	75	125	01/01/2011	28/03/2012	93,93
PERKINS	16	0.6	190	317	01/03/2012	30/07/2012	0,03
PERKINS	16	0.6	210	350	01/08/2011	01/02/2012	2,44
PERKINS	16	0.6	55	92	01/08/2011		1,15
PERKINS	16	0.6	150	250	26/01/2012	21/06/2012	41,76
PERKINS	16	0.6	110	183	01/01/2012	18/06/2012	32,98
PERKINS	16	0.6	200	333	01/02/2012		203,27
PERKINS	16	0.6	40	67	01/01/2011		12,73
PERKINS	16	0.6	205	342	01/08/2011	01/02/2012	10,03
CUMMINS	16	0.6	55	92	01/03/2012		0,49
CUMMINS	35	1.1	100	91	01/01/2012		47,14
CUMMINS	35	1.1	95	86	01/09/2011	22/03/2012	3,21
CUMMINS	35	1.1	55	50	01/01/2011		27,80
CUMMINS	35	1.1	175	159	01/09/2011	01/03/2012	60,50
CUMMINS	35	1.1	25	23	01/09/2011		14,07
PERKINS	16	0.6	140	233	01/12/2011	25/03/2012	13,58
CUMMINS	16	0.6	100	167	01/07/2012		39,82
PERKINS	16	0.6	200	333	01/03/2012		7,61
PERKINS	16	0.6	200	333	01/03/2012		5,89
MTSUBISHI	16	0.6	110	183	01/04/2012		5,82
PERKINS	16	0.6	100	167	01/01/2012		1,89
PERKINS	16	0.6	200	333	01/07/2012		4,22
PERKINS	16	0.6	170	283	01/11/2011	11/05/2012	12,19
PERKINS	16	0.6	15	25	01/12/2011		15,06
CUMMINS	12	0.6	140	233	01/11/2011	11/05/2012	5,12
PERKINS	16	0.6	6	10	01/12/2011		5,22
PERKINS	16	0.6	170	283	01/11/2011	11/05/2012	138,56
CUMMINS	35	1.1	55	50	01/05/2012		5,06
PERKINS	16	0.6	25	42	01/03/2012		1,76
CUMMINS	35	1.1	120	109	01/11/2011	11/05/2012	4,45
PERKINS	16	0.6	200	333	01/11/2011	11/05/2012	4,85
PERKINS	25	0.9	210	233	01/12/2011	12/05/2012	211,59
PERKINS	16	0.6	200	333	01/11/2011	10/05/2012	3,46
PERKINS	25	0.9	170	189	01/11/2011	15/06/2012	12,51
PERKINS	16	0.6	200	333	01/01/2011	10/05/2012	49,00
CUMMINS	35	1.1	120	109	25/01/2012	09/05/2012	93,46
PERKINS	16	0.6	110	183	01/07/2012	17/05/2012	73,06
PERKINS	16	0.6	180	300	01/11/2011	10/05/2012	24,18

Fuente: Los Autores



## 5.4 ANÁLISIS DE DATOS DE DISPONIBILIDAD

Con los datos de los años 2010, 2011 y 2012 se puede analizar los resultados de la implementación de la alarma que controla el consumo de combustible con el propósito de mejorar la disponibilidad en las Estaciones.

Se Realiza el mismo procedimiento mostrado el numeral 5.1 y con la ayuda de Excel se calcula la disponibilidad Inherente de cada estación en cada año para visualizar el aumento del tiempo en el que el equipo permanece en funcionamiento con el propósito de cumplir con las exigencias del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Tabla 4. Calculo de la disponibilidad Inherente para los años 2010, 2011, 2012.

new site_Bts m	NameSite	Tiempo de Indisp 2010	N° fallas 2010	DISP 2 INEHE% 2010	Tiempo de Indisp 2011	N° fallas 2011	DISP 2 INEHE% 2011	Tiempo de Indisp 2012	N° fallas 2012	DISP 2 INEHE% 2012
EST-1	Yondo	342,37	8	99,927%	13,58	3	99,997%	0,00	0	-
EST-2	Tame	4,93	2	99,999%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-3	Saravena	0,00	0	-	5,18	2	99,999%	14,45	2	99,996%
EST-4	Araguaney	2,00	1	99,999%	18,12	2	99,995%	98,23	26	99,981%
EST-5	Fortul	0,00	0	-	1,58	1	99,999%	0,00	0	-
EST-6	Cerro Picacho	1141,35	11	99,763%	147,83	7	99,968%	0,00	0	-
EST-7	Ventaquemada	147,43	7	99,968%	135,33	3	99,966%	0,00	0	-
EST-8	Puente Boyacá	2241,73	25	99,557%	574,62	9	99,879%	339,02	7	99,926%
EST-9	Boyacá	116,72	10	99,976%	22,60	1	99,991%	0,00	0	-
EST-10	Cerro Granadillo	367,47	15	99,925%	27,50	5	99,994%	264,01	29	99,948%
EST-11	La Milagrosa	66,98	7	99,985%	104,92	1	99,960%	0,00	0	-
EST-12	SANTA BARBARA	12,25	1	99,995%	37,80	17	99,992%	0,00	0	-
EST-13	SOG-TERMINAL	12,83	3	99,997%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-14	PAIPA	597,23	6	99,867%	8,23	6	99,998%	0,00	0	-
EST-15	CHIUQUINQUIRA	0,00	0	-	938,82	6	99,792%	0,00	0	-
EST-16	Oicata	12,25	1	99,995%	0,00	0	-	53,57	2	99,985%
EST-17	BEL-NOBSA	563,10	26	99,889%	70,67	27	99,986%	363,57	29	99,928%
EST-18	SACHICA	0,00	0	-	786,32	5	99,821%	833,72	7	99,819%
EST-19	Cucaita	138,73	2	99,960%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-20	RAQUIRA	0,00	0	-	819,32	7	99,822%	489,27	17	99,901%
EST-21	PANTO-VARGAS	612,12	75	99,882%	93,18	31	99,982%	117,38	17	99,976%
EST-22	Nobsa	216,63	5	99,951%	0,00	0	-	54,12	3	99,986%
EST-23	ARCAB-MON-II	1595,63	17	99,679%	635,68	15	99,871%	169,03	8	99,964%
EST-24	BAVARIA-DUIT	801,22	16	99,838%	265,08	3	99,933%	207,48	1	99,921%
EST-25	VLLA-DEL-MAR	197,28	14	99,960%	104,40	1	99,960%	0,00	0	-



EST-26	Samaca	497,25	4	99,882%	265,12	2	99,924%	601,70	11	99,875%
EST-27	Garagoa	235,97	92	99,955%	635,48	4	99,849%	121,10	2	99,965%
EST-28	Guateque	0,00	0	-	1596,7 2	2	99,545%	0,00	0	-
EST-29	San Pablo de Borbur	55,17	1	99,979%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-30	ST-ROSA-VITE	12,25	1	99,995%	19,98	1	99,992%	0,00	0	-
EST-31	Muzo	215,13	5	99,951%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-32	BAT-TARQUI	12,33	1	99,995%	118,95	6	99,974%	0,00	0	-
EST-33	BELEN	12,33	1	99,995%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-34	Saboya	0,00	0	-	838,73	6	99,814%	151,95	30	99,970%
EST-35	Paipa II	12,25	1	99,995%	114,33	4	99,973%	1,33	3	100,000%
EST-36	TIBASOSA	12,42	2	99,996%	163,24	3	99,959%	0,00	0	-
EST-37	Chiquinquirá II	0,00	0	-	1096,6 7	7	99,762%	11,13	6	99,998%
EST-38	TUTA	0,17	1	100,000%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-39	COMBITA	364,53	7	99,921%	285,57	5	99,935%	279,65	5	99,936%
EST-40	Pauna	55,25	1	99,979%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-41	PAZ-DEL-RIO	37,85	1	99,986%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-42	CHIQUIRA 3	0,00	0	-	839,03	6	99,814%	0,00	0	-
EST-43	Jenesano	1,08	6	100,000%	81,50	2	99,977%	205,57	3	99,948%
EST-44	Ramiriqui	1,18	6	100,000%	194,92	4	99,954%	0,00	0	-
EST-45	Tenza	178,88	12	99,963%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-46	CIUDEDELA-IN	575,43	28	99,887%	73,50	31	99,986%	436,12	18	99,912%
EST-47	SOCHA	0,00	0	-	111,52	4	99,973%	0,00	0	-
EST-48	Mongui	0,00	0	-	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-49	SimonBolivar	758,35	37	99,852%	176,73	32	99,965%	121,12	25	99,976%
EST-50	Aeropuerto	5,75	1	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-51	Terminal	0,00	0	-	5,17	1	99,998%	47,88	1	99,982%
EST-52	Floridablanca II	0,00	0	-	1,52	1	99,999%	0,00	0	-
EST-53	Giron	0,00	0	-	5,00	1	99,998%	0,00	0	-
EST-54	La Y	0,00	0	-	5,17	1	99,998%	0,00	0	-
EST-55	Arenales	5,83	1	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-56	Anillo Vial	70,78	1	99,973%	1,52	1	99,999%	0,00	0	-
EST-57	Bella Vista	0,00	0	-	4,97	1	99,998%	0,00	0	-
EST-58	La Cumbre II	254,27	7	99,945%	23,27	2	99,993%	0,00	0	-
EST-59	CONTRASUR	0,00	0	-	1,38	1	99,999%	0,00	0	-
EST-60	Chimita	0,00	0	-	5,18	1	99,998%	0,00	0	-
EST-61	Los Pinos	360,40	5	99,918%	153,85	3	99,961%	167,52	1	99,936%
EST-62	Rio de Oro	0,00	0	-	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-63	Torre del indio	433,75	5	99,901%	326,12	9	99,931%	181,02	3	99,954%
EST-64	Villa de San Andrés	5,77	1	99,998%	8,58	1	99,997%	759,25	6	99,832%
EST-65	Gonzales	0,00	0	-	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-66	Aeropuerto	138,07	3	99,965%	128,12	10	99,973%	0,00	0	-
EST-67	Norgas	138,82	3	99,965%	181,18	10	99,962%	0,00	0	-
EST-68	Autopista Atalaya	262,13	4	99,938%	140,23	10	99,971%	0,00	0	-
EST-69	Gualanday	152,07	4	99,964%	45,50	1	99,983%	0,00	0	-
EST-70	Alameda	142,02	5	99,968%	45,13	1	99,983%	0,00	0	-
EST-71	Pescadero	0,00	0	-	0,00	0	-	31,92	1	99,988%
EST-72	Quinta Bosh	139,28	3	99,965%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-73	Callejon	311,55	4	99,926%	0,00	0	-	32,00	1	99,988%
EST-74	Nisperal	171,37	4	99,959%	45,68	1	99,983%	0,00	0	-
EST-75	Libertad	139,53	3	99,965%	46,73	2	99,987%	0,00	0	-



EST-76	La Playa	21,53	4	99,995%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-77	Centro 2	95,67	2	99,973%	62,90	2	99,982%	29,75	1	99,989%
EST-78	Cundinamarca	0,00	0	-	0,00	0	-	32,08	1	99,988%
EST-79	Santa Clara	6,93	1	99,997%	148,30	6	99,967%	32,17	1	99,988%
EST-80	Belen	0,00	0	-	16,40	1	99,994%	91,35	2	99,974%
EST-81	San Mateo	0,00	0	-	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-82	Santa Ana	138,95	3	99,965%	45,38	1	99,983%	0,00	0	-
EST-83	Mariano Ospina	137,87	3	99,965%	137,72	9	99,971%	0,00	0	-
EST-84	Virgilio Barco	139,17	3	99,965%	138,32	10	99,971%	70,78	3	99,982%
EST-85	Niza	19,67	1	99,993%	0,00	0	-	242,83	14	99,951%
EST-86	LIMITE	1,33	7	100,000%	459,32	6	99,898%	202,15	1	99,923%
EST-87	SIMIJACA	0,00	0	-	788,73	5	99,820%	122,27	29	99,976%
EST-88	Susa	0,00	0	-	794,93	5	99,819%	137,73	3	99,965%
EST-89	CAPELLANIA	0,00	0	-	808,45	6	99,821%	266,72	5	99,939%
	Procedatos	0,00	0	-	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-90	Los Patios	0,00	0	-	0,00	0	-	14,07	1	99,995%
EST-91	Cerro Oriente	35,62	1	99,986%	40,70	1	99,985%	0,00	0	-
EST-92	OCANA-CENTRO	0,00	0	-	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-93	CIUDAD-JARDI	0,00	0	-	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-94	Villa del Rosario	0,00	0	-	43,88	1	99,983%	0,00	0	-
EST-95	LA-GARITA	0,00	0	-	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-96	Chinacota	36,77	1	99,986%	41,57	1	99,984%	148,20	2	99,958%
EST-97	El Tarra	44,17	18	99,991%	4,85	2	99,999%	860,62	7	99,813%
EST-98	Patios II	347,40	4	99,917%	906,93	8	99,806%	102,42	3	99,974%
EST-99	PENTECOSTES	780,85	8	99,833%	46,93	1	99,982%	0,00	0	-
EST-100	Santa Barbara	72,00	2	99,979%	59,60	2	99,983%	0,00	0	-
EST-101	La Esperanza	544,98	10	99,886%	10,48	7	99,998%	38,35	8	99,992%
EST-102	Abrego	44,17	3	99,989%	0,00	0	-	0,75	3	100,000%
EST-103	PAMPLONITA	46,68	4	99,989%	266,28	3	99,932%	0,00	0	-
EST-104	CERRO-ELPICO	0,00	0	-	43,02	1	99,984%	0,00	0	-
EST-105	Tibu	0,00	0	-	967,70	4	99,770%	18,58	6	99,996%
EST-106	El Carmen	468,75	1	99,822%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-107	Toledo	0,00	0	-	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-108	UNIVER-OCANA	103,43	1	99,961%	0,00	0	-	6,53	2	99,998%
EST-109	Cornejo	142,80	3	99,964%	708,53	14	99,856%	0,00	0	-
EST-110	Mirador de Bochalema	37,62	1	99,986%	42,57	1	99,984%	4,85	1	99,998%
EST-111	Pamplona II	43,78	6	99,990%	429,20	6	99,905%	133,78	1	99,949%
EST-112	Chinacota II	494,13	113	99,905%	42,85	1	99,984%	345,00	2	99,902%
EST-113	CONVENCION	40,88	1	99,984%	0,00	0	-	336,60	3	99,915%
EST-114	DON-JUANA	337,55	4	99,920%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-115	Chitaga	22,85	1	99,991%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-116	Gramalote	14,63	2	99,996%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-117	Salazar	4,00	1	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-118	Santiago	14,90	2	99,996%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-119	Sardinata	285,97	11	99,941%	4,18	2	99,999%	1,82	3	100,000%
EST-120	Teorama	166,77	4	99,960%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-121	Patios III	34,22	2	99,990%	138,18	8	99,970%	30,75	1	99,988%
EST-122	Ocaña (B. Santa Clara)	0,00	0	-	90,90	1	99,965%	64,02	12	99,987%
EST-123	Ocaña-Abrego	0,00	0	-	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-124	Bochalema Pamplonita	393,33	6	99,913%	38,20	2	99,989%	0,00	0	-



	Nodo Satelital B/ga	0,00	0	-	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-125	Ruitoque	5,83	1	99,998%	482,42	2	99,862%	0,00	0	-
EST-126	Piedecuesta	187,23	3	99,953%	467,87	4	99,889%	1,78	1	99,999%
EST-127	Punta de la Mesa	6,82	4	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-128	Mesa de Los Santos	5,83	1	99,998%	297,58	2	99,915%	22,82	1	99,991%
EST-129	Quebrada de Chicamocha	6,98	4	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-130	Mesa de San Pedro	7,07	5	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-131	Palo Blanco	7,07	5	99,998%	0,85	1	100,000%	0,00	0	-
EST-132	San Gil	6,92	4	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-133	San Gil Terminal	7,23	5	99,998%	165,93	6	99,963%	0,00	0	-
EST-134	Pinchote	2438,75	27	99,519%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-135	Socorro	6,92	4	99,998%	0,00	0	-	10,15	1	99,996%
EST-136	Macanillo	1179,40	15	99,761%	417,05	12	99,914%	534,53	4	99,873%
EST-137	Confines	733,32	16	99,852%	128,02	20	99,974%	118,17	2	99,966%
EST-138	Guapota	224,70	7	99,951%	250,50	10	99,948%	1,07	1	100,000%
EST-139	OLIVAL	6,98	5	99,998%	212,43	35	99,958%	0,42	2	100,000%
EST-140	VADO-REAL	684,97	9	99,855%	582,32	55	99,887%	0,00	0	-
EST-141	SANTANA	187,15	6	99,958%	774,04	46	99,850%	0,00	0	-
EST-142	Barbosa	180,88	6	99,960%	363,62	7	99,921%	698,51	23	99,861%
EST-143	Velez	188,28	6	99,958%	609,43	53	99,882%	289,98	8	99,938%
EST-144	Lebrija	5,83	1	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-145	OLAS-BAJAS	5,83	1	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-146	Barranca El Recreo	138,53	11	99,971%	38,52	2	99,989%	0,00	0	-
EST-147	Barranca Centro DAS	356,47	9	99,925%	13,85	2	99,996%	94,10	7	99,980%
EST-148	BMEJA-PARNAS	159,12	3	99,960%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-149	BMEJA-FEDAGR	59,88	1	99,977%	137,75	4	99,967%	0,00	0	-
EST-150	Mutiscua 1 La Corcova	253,08	7	99,945%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-151	LA-LAGUNA	36,08	1	99,986%	41,60	1	99,984%	0,00	0	-
EST-152	Barichara	6,90	4	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-153	Rionegro	5,85	1	99,998%	6,85	2	99,998%	108,83	3	99,972%
EST-154	El Playon	6,68	4	99,998%	0,00	0	-	7,58	13	99,998%
EST-155	Sabana de Torres	3,00	4	99,999%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-156	Malaga	88,25	1	99,966%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-157	Gallineral	7,08	5	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-158	Lizama Barranca	369,47	5	99,916%	115,82	2	99,967%	83,73	15	99,983%
EST-159	Oiba	409,78	37	99,920%	506,30	15	99,897%	591,40	8	99,873%
EST-160	20 de Enero	163,82	3	99,958%	176,72	3	99,955%	0,00	0	-
EST-161	El Parmar	672,60	7	99,854%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-162	CAMPO-45	96,58	5	99,978%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-163	Cerro Picacho	35,28	2	99,990%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-164	Charala	320,97	2	99,908%	380,07	2	99,892%	208,40	22	99,959%
EST-165	Finca el Cielo	917,25	10	99,808%	5,42	1	99,998%	0,00	0	-
EST-166	Guepsa	529,47	7	99,885%	673,60	16	99,864%	0,00	0	-
EST-167	Lago Cachimbero	2117,12	31	99,584%	461,40	2	99,868%	30,48	38	99,994%
EST-168	PTO-ARAUJO	778,67	8	99,833%	0,00	0	-	42,83	43	99,992%
EST-169	Lizama Sabana	2134,58	33	99,582%	343,48	8	99,926%	65,80	10	99,986%
EST-170	Tropezon	126,78	7	99,972%	106,18	8	99,977%	0,00	0	-
EST-171	Taladro	1221,88	5	99,721%	0,00	0	-	152,97	2	99,956%
EST-172	San Vicente Chucuri	0,00	0	-	0,00	0	-	0,00	0	-



EST-173	Zapatoca	0,25	2	100,000%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-174	Capitanejo	90,75	1	99,965%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-175	Los Santos	6,90	4	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-176	Simacota	7,07	5	99,998%	274,23	2	99,922%	0,00	0	-
EST-177	Carmen de Chucuri	1311,00	8	99,719%	0,00	0	-	23,25	27	99,995%
EST-178	Cepita	9,12	5	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-179	Bolivar	573,68	13	99,882%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-180	PEAJE-AGUAS	6,15	5	99,999%	353,88	6	99,921%	20,08	27	99,996%
EST-181	Puente Nacional	600,48	8	99,871%	737,27	53	99,857%	73,95	7	99,984%
EST-182	Mensuli	0,00	0	-	29,28	3	99,993%	478,90	8	99,898%
EST-183	Campo 23	287,72	3	99,927%	0,00	0	-	18,33	22	99,996%
EST-184	San Gil Curiti	7,08	5	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-185	Altos de Chicamocha	7,15	4	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-186	Cañon de Chicamocha	7,15	5	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-187	Guaca	133,18	1	99,949%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-188	Landazuri	2,08	1	99,999%	65,92	11	99,986%	545,15	46	99,894%
EST-189	Matanza	12,50	9	99,997%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-190	Mogotes	21,97	5	99,995%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-191	San Andrés	0,00	0	-	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-192	Suaita	191,15	6	99,958%	709,84	17	99,857%	21,68	10	99,995%
EST-193	Peaje chapinero Barranca	363,32	9	99,923%	28,08	2	99,992%	133,43	3	99,966%
EST-194	Santa Cruz	710,43	3	99,820%	0,00	0	-	63,53	4	99,985%
EST-195	Socorro II	6,92	5	99,998%	1,17	1	100,000%	26,95	4	99,994%
EST-196	Bufalo	418,52	8	99,910%	32,72	2	99,991%	12,52	2	99,996%
EST-197	Carretera San Gil Valle de San José	6,90	4	99,998%	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-198	Bello Horizonte	67,27	1	99,974%	22,87	1	99,991%	8,70	1	99,997%
EST-199	Autopista	0,00	0	-	0,00	0	-	7,05	1	99,997%
EST-200	BUENAVISTA	334,03	15	99,932%	79,30	1	99,970%	0,00	0	-
EST-201	Cerro Pirgua	0,00	0	-	0,00	0	-	0,00	0	-
EST-202	SAN_LAUREAN O	6,73	1	99,997%	74,75	2	99,979%	0,00	0	-
EST-203	Plaza de Toro	0,00	0	-	17,53	1	99,993%	0,00	0	-
	<b>TOTALES</b>	42367,53	1231	99,960%	30110,51	869	99,972%	13984,35	745	99,987%

Fuente: Los Autores

Los valores que se muestran con color rojo son los que cumplen con los requisitos para aéreas rurales, los valores que están de color rojo con fondo rojo no cumplen con la normativa y los valores con color verde fondo verde cumplen con los requisitos para aéreas urbanas.

En la tabla se muestra la mejora en la disponibilidad de la mayoría de las estaciones, con las excepciones debido a fallas en la categoría de energía pero



con causas diferentes al agotamiento de combustible, por ejemplo: El motogenerador no encendió debido a fuertes tormentas que ocasionan daños en las tarjetas de control, El motogenerador no enciende por alarma de presión de aceite, el motogenerador no enciende por problemas en el encendido automático, etc.

La disponibilidad general de las 203 Estaciones pasa de un valor de 99,96% en el 2010 a un valor de 99,97% en el 2011 y a un valor de 99,987% en el 2012.

Con la implementación de la alarma se logra un cumplimiento del 100% de la normativa en las Estaciones involucradas y por medio de la disponibilidad inherente se controla el número de mantenimientos correctivos.



## 6. ESTRATEGIA METODOLÓGICA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ALARMA

Debido a la existencia de varias tecnologías en las transferencias automáticas (ATS), además también de la existencia de dos tecnologías en el tipo de equipos de las estaciones base transmisoras receptores (BTS), se hizo indispensable realizar un manual de procedimiento para la instalación de la alarma con el fin de estandarizar la ejecución puesto que la regional, para el caso de estudio, cuenta con 6 zonas y con personal en diferentes condiciones técnicas de conocimiento.

Básicamente se identifica si cada estación donde existe el soporte de motogenerador posee la tarjeta de gestión de alarmas externas en la BTS, en caso contrario debía ser retirada de una en la que si exista para ser retirada e instalada en la que no. Posteriormente se realiza una verificación de que la tarjeta este operativa haciendo un bucle o puente entre los contactos secos de la tarjeta, remotamente un funcionario con acceso o perfil para acceder a los servidores de las Controladoras de estaciones Base (BCS) identificaba la operatividad del puerto. Una vez se identifica la operatividad de la tarjeta y el puerto se procede a realizar el cableado desde el puerto en la tarjeta hasta el contactor auxiliar asociado a cada tipo de transferencia automática. Después de esto y con la colaboración del funcionario encargado de las BSC se hacen varias simulaciones de fallas de energía para constatar que el circuito quede operando satisfactoriamente.

Esta alarma es etiquetada y puesta en un rango de criticidad de tal manera que los funcionarios del centro de operaciones de red (NOC) puedan realizar una gestión adecuada sobre la misma, haciendo notificaciones vía mensajes de texto y llamadas telefónicas a los encargados en campo de cada estación. Ellos a su vez pueden iniciar un proceso de investigación de porque se esta presentando la alarma, si es por una falla en las redes de energía comercial de la electrificadora



local o una falla en las redes propias de energía, en algunos casos después de ciertos periodos de tiempo deben realizar visitas a los sitios para constatar la gravedad del daño y empezar con los procesos de escalamiento con los administradores de contratos de operación y mantenimiento para dar la solución mas apropiada según sea el caso.

Además de esto se realizo una visita a cada zona de trabajo donde se socializo el documento y se implemento completamente una alarma. Todo se explica en el numeral 4.2, y más detallado y específico en el anexo A.

## 6.1 ELABORACIÓN DE CRONOGRAMAS DE INSTALACIÓN

El cronograma de instalación se realiza en base al reporte de eventos de fallas del año 2010 y de acuerdo a la indisponibilidad de cada estación, estableciendo como urgente las estaciones con una indisponibilidad de mas de 500 minutos por año a causa de fallas de Energía, como prioritaria las estaciones con indisponibilidad de mas de 100 minutos y como normal a las estaciones con menos de 100 minutos de indisponibilidad.

En el archivo se aplican algunas funciones de Excel para obtener los acumulados por estación que permitan establecer las prioridades.

Tabla 5. Priorización de implementación de acuerdo a la indisponibilidad

new site_Bts m	NameSite	Field Service	Estado	Tiempo de Indisp new 2010	N° fallas 2010	DISP 2 INEHE% 2010	Carácter de la implementación	Cantidad por ejecutar	Ejecutadas
EST-6	Cerro Picacho	Luis Alfredo Salamanca	on	1141,35	11	99,763%	Urgente	1	1
EST-8	Puente Boyacá	Luis Alfredo Salamanca	on	2241,73	25	99,557%	Urgente	1	1
EST-14	PAIPA	Luis Alfredo Salamanca	on	597,23	6	99,867%	Urgente	1	1
EST-17	BEL-NOBSA	Luis Alfredo Salamanca	on	563,10	26	99,889%	Urgente	1	1
EST-21	PANTO-VARGAS	Luis Alfredo Salamanca	on	612,12	75	99,882%	Urgente	1	1
EST-23	ARCAB-MON-II	Luis Alejandro Duarte	on	1595,63	17	99,679%	Urgente	1	1



EST-24	BAVARIA-DUIT	Luis Alfredo Salamanca	on	801,22	16	99,838%	Urgente	1	1
EST-46	CIUADDELA-IN	Luis Alfredo Salamanca	on	575,43	28	99,887%	Urgente	1	1
EST-49	SimonBolivar	Luis Alfredo Salamanca	on	758,35	37	99,852%	Urgente	1	1
EST-99	PENTECOSTES	Alexander Mejia	on	780,85	8	99,833%	Urgente	1	1
EST-101	La Esperanza	Cesar Estevez	on	544,98	10	99,886%	Urgente	1	1
EST-134	Pinchote	Carlos Angulo	on	2438,75	27	99,519%	Urgente	1	1
EST-136	Macanillo	Luis Alejandro Duarte	on	1179,40	15	99,761%	Urgente	1	1
EST-137	Confines	Luis Alejandro Duarte	on	733,32	16	99,852%	Urgente	1	1
EST-140	VADO-REAL	Luis Alejandro Duarte	on	684,97	9	99,855%	Urgente	1	1
EST-161	El Parmar	JefersonAlgarin	on	672,60	7	99,854%	Urgente	1	1
EST-165	Finca el Cielo	Cesar Estevez	on	917,25	10	99,808%	Urgente	1	1
EST-166	Guepsa	Luis Alejandro Duarte	on	529,47	7	99,885%	Urgente	1	1
EST-167	Lago Cachimbero	JefersonAlgarin	on	2117,12	31	99,584%	Urgente	1	1
EST-168	PTO-ARAUJO	JefersonAlgarin	on	778,67	8	99,833%	Urgente	1	1
EST-169	Lizama Sabana	JefersonAlgarin	on	2134,58	33	99,582%	Urgente	1	1
EST-171	Taladro	JefersonAlgarin	on	1221,88	5	99,721%	Urgente	1	1
EST-177	Carmen de Chucuri	JefersonAlgarin	off	1311,00	8	99,719%	Urgente	1	1
EST-179	Bolivar	Luis Alejandro Duarte	off	573,68	13	99,882%	Urgente	1	1
EST-181	Puente Nacional	Luis Alejandro Duarte	on	600,48	8	99,871%	Urgente	1	1
EST-194	Santa Cruz	Cesar Estevez	on	710,43	3	99,820%	Urgente	1	1
		<b>TOTALES</b>		28825,60	459	99,973%	Urgente	1	1
EST-1	Yondo	JefersonAlgarin	on	342,37	8	99,927%	Prioritario	1	1
EST-7	Ventaquemada	Luis Alfredo Salamanca	on	147,43	7	99,968%	Prioritario	1	1
EST-9	Boyacá	Luis Alfredo Salamanca	off	116,72	10	99,976%	Prioritario	1	1
EST-10	Cerro Granadillo	Luis Alejandro Duarte	on	367,47	15	99,925%	Prioritario	1	1
EST-19	Cucaita	Luis Alejandro Duarte	off	138,73	2	99,960%	Prioritario	1	1
EST-22	Nobsa	Luis Alfredo Salamanca	on	216,63	5	99,951%	Prioritario	1	1
EST-25	VLLA-DEL-MAR	Luis Alfredo Salamanca	on	197,28	14	99,960%	Prioritario	1	1
EST-26	Samaca	Luis Alfredo Salamanca	on	497,25	4	99,882%	Prioritario	1	1
EST-27	Garagoa	Luis Alfredo Salamanca	on	235,97	92	99,955%	Prioritario	1	1
EST-31	Muzo	Luis Alejandro Duarte	off	215,13	5	99,951%	Prioritario	1	1
EST-39	COMBITA	Luis Alfredo Salamanca	on	364,53	7	99,921%	Prioritario	1	1
EST-45	Tenza	Luis Alfredo Salamanca	on	178,88	12	99,963%	Prioritario	1	1
EST-58	La Cumbre II	Cesar Estevez	on	254,27	7	99,945%	Prioritario	1	1
EST-61	Los Pinos	Cesar Estevez	on	360,40	5	99,918%	Prioritario	1	1
EST-63	Torre del indio	Cesar Rojas	on	433,75	5	99,901%	Prioritario	1	1
EST-66	Aeropuerto	Alexander Mejia	on	138,07	3	99,965%	Prioritario	1	1
EST-67	Norgas	Alexander Mejia	on	138,82	3	99,965%	Prioritario	1	1
EST-68	Autopista Atalaya	Alexander Mejia	on	262,13	4	99,938%	Prioritario	1	1
EST-69	Gualanday	Alexander Mejia	on	152,07	4	99,964%	Prioritario	1	1
EST-70	Alameda	Alexander Mejia	on	142,02	5	99,968%	Prioritario	1	1
EST-72	Quinta Bosh	Alexander Mejia	on	139,28	3	99,965%	Prioritario	1	1
EST-73	Callejon	Alexander Mejia	on	311,55	4	99,926%	Prioritario	1	1
EST-74	Nisperal	Alexander Mejia	on	171,37	4	99,959%	Prioritario	1	1



EST-75	Libertad	Alexander Mejia	on	139,53	3	99,965%	Prioritario	1	1
EST-82	Santa Ana	Alexander Mejia	on	138,95	3	99,965%	Prioritario	1	1
EST-83	Mariano Ospina	Alexander Mejia	on	137,87	3	99,965%	Prioritario	1	1
EST-84	Virgilio Barco	Alexander Mejia	on	139,17	3	99,965%	Prioritario	1	1
EST-98	Patios II	Alexander Mejia	on	347,40	4	99,917%	Prioritario	1	1
EST-106	El Carmen	Cesar Rojas	off	468,75	1	99,822%	Prioritario	1	1
EST-108	UNIVER-OCANA	Cesar Rojas	on	103,43	1	99,961%	Prioritario	1	1
EST-109	Cornejo	Alexander Mejia	on	142,80	3	99,964%	Prioritario	1	1
EST-112	Chinacota II	Alexander Mejia	on	494,13	113	99,905%	Prioritario	1	1
EST-114	DON-JUANA	Alexander Mejia	on	337,55	4	99,920%	Prioritario	1	1
EST-119	Sardinata	Alexander Mejia	on	285,97	11	99,941%	Prioritario	1	1
EST-120	Teorama	Cesar Rojas	off	166,77	4	99,960%	Prioritario	1	1
EST-124	Bochalema Pamplonita	Alexander Mejia	on	393,33	6	99,913%	Prioritario	1	1
EST-126	Piedecuesta	Cesar Estevez	on	187,23	3	99,953%	Prioritario	1	1
EST-138	Guapota	Luis Alejandro Duarte	on	224,70	7	99,951%	Prioritario	1	1
EST-141	SANTANA	Luis Alejandro Duarte	on	187,15	6	99,958%	Prioritario	1	1
EST-142	Barbosa	Luis Alejandro Duarte	on	180,88	6	99,960%	Prioritario	1	1
EST-143	Velez	Luis Alejandro Duarte	on	188,28	6	99,958%	Prioritario	1	1
EST-146	Barranca El Recreo	JefersonAlgarin	on	138,53	11	99,971%	Prioritario	1	1
EST-147	Barranca Centro DAS	JefersonAlgarin	on	356,47	9	99,925%	Prioritario	1	1
EST-148	BMEJA-PARNAS	JefersonAlgarin	on	159,12	3	99,960%	Prioritario	1	1
EST-150	Mutiscua 1 La Corcova	Carlos Angulo	on	253,08	7	99,945%	Prioritario	1	1
EST-158	Lizama Barranca	JefersonAlgarin	on	369,47	5	99,916%	Prioritario	1	1
EST-159	Oiba	Luis Alejandro Duarte	on	409,78	37	99,920%	Prioritario	1	1
EST-160	20 de Enero	JefersonAlgarin	on	163,82	3	99,958%	Prioritario	1	1
EST-164	Charala	Carlos Angulo	on	320,97	2	99,908%	Prioritario	1	1
EST-170	Tropezon	JefersonAlgarin	on	126,78	7	99,972%	Prioritario	1	1
EST-183	Campo 23	JefersonAlgarin	on	287,72	3	99,927%	Prioritario	1	1
EST-187	Guaca	Carlos Angulo	off	133,18	1	99,949%	Prioritario	1	1
EST-192	Suaita	Luis Alejandro Duarte	on	191,15	6	99,958%	Prioritario	1	1
EST-193	Peaje chapinero Barranca	JefersonAlgarin	on	363,32	9	99,923%	Prioritario	1	1
EST-196	Buñalo	JefersonAlgarin	on	418,52	8	99,910%	Prioritario	1	1
EST-200	BUENAVISTA	Luis Alfredo Salamanca	on	334,03	15	99,932%	Prioritario	1	1
EST-2	Tame	Carlos Angulo	on	4,93	2	99,999%	normal	1	1
EST-3	Saravena	Carlos Angulo	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-4	Araguaney	Carlos Angulo	on	2,00	1	99,999%	normal	1	1
EST-5	Fortul	Carlos Angulo	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-11	La Milagrosa	Luis Alfredo Salamanca	on	66,98	7	99,985%	normal	1	1
EST-12	SANTA BARBARA	Luis Alfredo Salamanca	on	12,25	1	99,995%	normal	1	1
EST-13	SOG-TERMINAL	Luis Alfredo Salamanca	on	12,83	3	99,997%	normal	1	1
EST-15	CHIQUEQUIRA	Luis Alejandro Duarte	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-16	Oicata	Luis Alfredo Salamanca	on	12,25	1	99,995%	normal	1	1
EST-18	SACHICA	Luis Alejandro Duarte	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-20	RAQUIRA	Luis Alejandro Duarte	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-28	Guateque	Luis Alfredo	on	0,00	0	-	normal	1	1



		Salamanca							
EST-29	San Pablo de Borbur	Luis Alejandro Duarte	off	55,17	1	99,979%	normal	1	1
EST-30	ST-ROSA-VITE	Luis Alfredo Salamanca	on	12,25	1	99,995%	normal	1	1
EST-32	BAT-TARQUI	Luis Alfredo Salamanca	on	12,33	1	99,995%	normal	1	1
EST-33	BELEN	Luis Alfredo Salamanca	on	12,33	1	99,995%	normal	1	1
EST-34	Saboya	Luis Alejandro Duarte	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-35	Paipa II	Luis Alfredo Salamanca	on	12,25	1	99,995%	normal	1	1
EST-36	TIBASOSA	Luis Alfredo Salamanca	on	12,42	2	99,996%	normal	1	1
EST-37	Chiquinquirá II	Luis Alejandro Duarte	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-38	TUTA	Luis Alfredo Salamanca	on	0,17	1	100,000 %	normal	1	1
EST-40	Pauna	Luis Alejandro Duarte	off	55,25	1	99,979%	normal	1	1
EST-41	PAZ-DEL-RIO	Luis Alfredo Salamanca	on	37,85	1	99,986%	normal	1	1
EST-42	CHIQUIRA 3	Luis Alejandro Duarte	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-43	Jenesano	Luis Alfredo Salamanca	on	1,08	6	100,000 %	normal	1	1
EST-44	Ramiriquí	Luis Alfredo Salamanca	on	1,18	6	100,000 %	normal	1	1
EST-47	SOCHA	Luis Alfredo Salamanca	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-48	Monguí	Luis Alfredo Salamanca	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-50	Aeropuerto	Cesar Estevez	on	5,75	1	99,998%	normal	1	1
EST-51	Terminal	Cesar Estevez	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-52	Floridablanca II	Cesar Estevez	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-53	Giron	Cesar Estevez	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-54	La Y	Cesar Estevez	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-55	Arenales	Cesar Estevez	on	5,83	1	99,998%	normal	1	1
EST-56	Anillo Vial	Cesar Estevez	on	70,78	1	99,973%	normal	1	1
EST-57	Bella Vista	Cesar Estevez	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-59	CONTRASUR	Cesar Estevez	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-60	Chimita	Cesar Estevez	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-62	Rio de Oro	Cesar Rojas	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-64	Villa de San Andrés	Cesar Rojas	on	5,77	1	99,998%	normal	1	1
EST-65	Gonzales	Cesar Rojas	off	0,00	0	-	normal	1	1
EST-71	Pescadero	Alexander Mejia	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-76	La Playa	Alexander Mejia	on	21,53	4	99,995%	normal	1	1
EST-77	Centro 2	Alexander Mejia	on	95,67	2	99,973%	normal	1	1
EST-78	Cundinamarca	Alexander Mejia	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-79	Santa Clara	Alexander Mejia	on	6,93	1	99,997%	normal	1	1
EST-80	Belen	Alexander Mejia	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-81	San Mateo	Alexander Mejia	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-85	Niza	Alexander Mejia	on	19,67	1	99,993%	normal	1	1
EST-86	LIMITE	Luis Alfredo Salamanca	on	1,33	7	100,000 %	normal	1	1
EST-87	SIMIJACA	Luis Alejandro Duarte	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-88	Susa	Luis Alejandro Duarte	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-89	CAPELLANIA	Luis Alejandro Duarte	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-90	Los Patios	Alexander Mejia	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-91	Cerro Oriente	Alexander Mejia	on	35,62	1	99,986%	normal	1	1



EST-92	OCANA-CENTRO	Cesar Rojas	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-93	CIUDAD-JARDI	Cesar Rojas	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-94	Villa del Rosario	Alexander Mejia	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-95	LA-GARITA	Alexander Mejia	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-96	Chinacota	Alexander Mejia	on	36,77	1	99,986%	normal	1	1
EST-97	El Tarra	Cesar Rojas	on	44,17	18	99,991%	normal	1	1
EST-100	Santa Barbara	Alexander Mejia	on	72,00	2	99,979%	normal	1	1
EST-102	Abrego	Cesar Rojas	on	44,17	3	99,989%	normal	1	1
EST-103	PAMPLONITA	Alexander Mejia	on	46,68	4	99,989%	normal	1	1
EST-104	CERRO-ELPICO	Alexander Mejia	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-105	Tibu	Alexander Mejia	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-107	Toledo	Alexander Mejia	off	0,00	0	-	normal	1	1
EST-110	Mirador de Bochalema	Alexander Mejia	on	37,62	1	99,986%	normal	1	1
EST-111	Pamplona II	Alexander Mejia	on	43,78	6	99,990%	normal	1	1
EST-113	CONVENCION	Cesar Rojas	on	40,88	1	99,984%	normal	1	1
EST-115	Chitaga	Alexander Mejia	off	22,85	1	99,991%	normal	1	1
EST-116	Gramalote	Alexander Mejia	off	14,63	2	99,996%	normal	1	1
EST-117	Salazar	Alexander Mejia	off	4,00	1	99,998%	normal	1	1
EST-118	Santiago	Alexander Mejia	off	14,90	2	99,996%	normal	1	1
EST-121	Patios III	Alexander Mejia	on	34,22	2	99,990%	normal	1	1
EST-122	Ocaña (B. Santa Clara)	Cesar Rojas	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-123	Ocaña-Abrego	Cesar Rojas	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-125	Ruitoque	Cesar Estevez	on	5,83	1	99,998%	normal	1	1
EST-127	Punta de la Mesa	Carlos Angulo	on	6,82	4	99,998%	normal	1	1
EST-128	Mesa de Los Santos	Carlos Angulo	on	5,83	1	99,998%	normal	1	1
EST-129	Quebrada de Chicamocha	Carlos Angulo	on	6,98	4	99,998%	normal	1	1
EST-130	Mesa de San Pedro	Carlos Angulo	on	7,07	5	99,998%	normal	1	1
EST-131	Palo Blanco	Carlos Angulo	on	7,07	5	99,998%	normal	1	1
EST-132	San Gil	Carlos Angulo	on	6,92	4	99,998%	normal	1	1
EST-133	San Gil Terminal	Carlos Angulo	on	7,23	5	99,998%	normal	1	1
EST-135	Socorro	Carlos Angulo	on	6,92	4	99,998%	normal	1	1
EST-139	OLIVAL	Luis Alejandro Duarte	on	6,98	5	99,998%	normal	1	1
EST-144	Lebrija	Cesar Estevez	on	5,83	1	99,998%	normal	1	1
EST-145	OLAS-BAJAS	Cesar Estevez	on	5,83	1	99,998%	normal	1	1
EST-149	BMEJA-FEDAGR	JefersonAlgarin	on	59,88	1	99,977%	normal	1	1
EST-151	LA-LAGUNA	Alexander Mejia	on	36,08	1	99,986%	normal	1	1
EST-152	Barichara	Carlos Angulo	on	6,90	4	99,998%	normal	1	1
EST-153	Rionegro	Cesar Estevez	on	5,85	1	99,998%	normal	1	1
EST-154	El Playon	Cesar Estevez	on	6,68	4	99,998%	normal	1	1
EST-155	Sabana de Torres	JefersonAlgarin	on	3,00	4	99,999%	normal	1	1
EST-156	Malaga	Carlos Angulo	on	88,25	1	99,966%	normal	1	1
EST-157	Gallineral	Carlos Angulo	on	7,08	5	99,998%	normal	1	1
EST-162	CAMPO-45	JefersonAlgarin	on	96,58	5	99,978%	normal	1	1
EST-163	Cerro Picacho	Carlos Angulo	on	35,28	2	99,990%	normal	1	1
EST-172	San Vicente Chucuri	JefersonAlgarin	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-173	Zapatoca	Cesar Estevez	on	0,25	2	100,000 %	normal	1	1
EST-174	Capitanejo	Carlos Angulo	on	90,75	1	99,965%	normal	1	1
EST-175	Los Santos	Carlos Angulo	on	6,90	4	99,998%	normal	1	1
EST-176	Simacota	Carlos Angulo	on	7,07	5	99,998%	normal	1	1
EST-178	Cepita	Carlos Angulo	off	9,12	5	99,998%	normal	1	1



EST-180	PEAJE-AGUAS	JefersonAlgarin	on	6,15	5	99,999%	normal	1	1
EST-182	Mensuli	Cesar Estevez	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-184	San Gil Curiti	Carlos Angulo	on	7,08	5	99,998%	normal	1	1
EST-185	Altos de Chicamocha	Carlos Angulo	on	7,15	4	99,998%	normal	1	1
EST-186	Cañon de Chicamocha	Carlos Angulo	on	7,15	5	99,998%	normal	1	1
EST-188	Landazuri	Luis Alejandro Duarte	on	2,08	1	99,999%	normal	1	1
EST-189	Matanza	Carlos Angulo	off	12,50	9	99,997%	normal	1	1
EST-190	Mogotes	Carlos Angulo	off	21,97	5	99,995%	normal	1	1
EST-191	San Andrés	Carlos Angulo	off	0,00	0	-	normal	1	1
EST-195	Socorro II	Carlos Angulo	on	6,92	5	99,998%	normal	1	1
EST-197	Carretera San Gil Valle de San José	Carlos Angulo	off	6,90	4	99,998%	normal	1	1
EST-198	Bello Horizonte	Luis Alfredo Salamanca	on	67,27	1	99,974%	normal	1	1
EST-199	Autopista	Luis Alfredo Salamanca	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-201	Cerro Pírgua	Luis Alfredo Salamanca	on	0,00	0	-	normal	1	1
EST-202	SAN LAUREANO	Luis Alfredo Salamanca	on	6,73	1	99,997%	normal	1	1
EST-203	Plaza de Toro	Luis Alfredo Salamanca	on	0,00	0	-	normal	1	1
								203	203
								% de ejecucion	100,00%

Fuente. Los Autores

En la tabla se muestra el cronograma completo que incluye todas las estaciones y las ordena de acuerdo a la indisponibilidad que presenta, incluye una columna con la persona encargada de su implementación, se establece además un plazo de una semana para las Estaciones urgentes, dos semanas para las Estaciones de carácter Prioritarias y un mes para las Estaciones de carácter Normal.



## CONCLUSIONES

La selección de la Disponibilidad Inherente implica la discriminación de los mantenimientos planeados y los mantenimientos no planeados para analizar solo los eventos debido a actividades no planeadas, lo cual es favorable en este caso en el que se desea el control sobre los mantenimientos correctivos que se presentaban debido al desabastecimiento de combustible en los motogeneradores.

Para cumplir con las exigencias del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, se requiere de una herramienta computacional que registre todos los eventos de falla que ocurren en cada una de las Estaciones con gran detalle y exactitud en los tiempos que almacena para el cálculo de la disponibilidad evitando así la inclusión de error en el resultado.

El análisis del cálculo de la disponibilidad en el transcurso de casi tres años, desde el 1 de enero del 2010 hasta el 30 de septiembre del 2012, permite observar que los resultados de la implementación de la alarma de encendido del motogenerador, que inicio en el mes de Julio del 2011, se ha aumentando la disponibilidad de la red de 203 Estaciones así: 99,960% para el año 2010, 99,971% para el año 2011 y 99,987% para el año 2012. Convirtiéndose este en un buen ejemplo del esfuerzo a realizar en las empresas para lograr un aumento en su disponibilidad en 0,011% o 0,015% por año.

Un aumento en la disponibilidad requiere de altas inversiones de capital en las fases iniciales. Hay formas no obvias, pero existentes en los sistemas como el del caso de estudio, que permite a través de pequeñas inversiones realizar un aumento significativo de la disponibilidad, aportando a las metas de la compañía.



Específicamente en el caso de estudio se pueden gestionar a través de las tarjetas de alarmas externas otros eventos que pueden generar indisponibilidad, usualmente esta capacidad de observar eventos de falla no es explotada por el desconocimiento en utilización de estas herramientas.

Los datos deben recibir un proceso de filtrado en el que salen los eventos debido a mantenimientos planeados o ventanas de mantenimientos, también los datos registrados debido a fallas de otro tipo diferentes a las de Energía. De esta manera se obtienen los resultados de la implementación sobre los eventos debido solo a las fallas de Energía la cual es nuestro campo de acción o el campo de influencia.

Cuando se calculan disponibilidades genéricas o inherentes, se debe realizar una minería de datos rigurosa y precisa, ya que se puede incurrir en errores ocasionados por imprecisiones al momento de cierre de los tiquetes de fallas, ingrediente donde inicia el filtrado de la información. Ejemplo observado en el caso de estudio, filtrar por agotamiento puede arrojar también resultados de agotamiento de baterías, datos que se pueden incluir erróneamente y que conllevan a resultados poco confiables.

Para evitar errores en la digitación de los datos en cualquier herramienta, es necesario implementar mecanismos para evitar esta situación, por ejemplo crear respuestas predeterminadas en los entornos gráficos y en la interfaz con el usuario de las herramientas tipo CMMS (Computerized Maintenance Management System).



## BIBLIOGRAFÍA

MORA GUTIÉRREZ, Luis Alberto, Mantenimiento Industrial Efectivo. Enfoque Sistémico Kantiano. Editorial Coldi. Antioquia Colombia. 2009. Pg 45-65.

KNEZEVIC, Jezdimir. Mantenimiento Edición 4. Editorial Isdefe Madrid. Abril 1996.

NACHALS, Joel. Fiabilidad ISBN 978-84-89338-07-4 Madrid España Isdefe. 1995.

RAMAKUMAR R. Engineering Reliability Fundamentals Applications. New Jersey, USA: Englewood Cliffs, Prentice Hall 1996. 482p.

O'CONNOR, Patrick D. T. Practical Reliability Engineering. New York, USA, John Wiley & Sons 2002. 540p.

BLANCHARD, Benjamin; VERMA; DINESH, PETERSON, ELMER. Maintainability: a Key to effective serviceability and maintenance management: Series nuevas dimensiones en ingeniería. USA: Edit. Wiley Interscience, Wiley John & Sons, Incorporated, 1994. 560p.

NAVARRO ELOLA RUIZ. Gestión integral de mantenimiento. Barcelona, España. Marcombo S.A. 1997. 112p.

DÍAZ MATALOBOS, Ángel. Confiabilidad en mantenimiento. Caracas, Venezuela. Ediciones IESA. 1992. 110p.

KELLY, Anthony Y HARRYS. M. J. Gestión del Mantenimiento Industrial. Madrid, España. Editorial Fundación REPSOL Publicaciones e Impreso en Graficas del Mar. Traducido por Gerardo Álvarez Cuervo y equipo de trabajo 1998. 218p.



LEEMIS, Lawrence. Reability Probabilistic Models and Stastiscal methods  
Englewood Cliff Prentice – Hall. NJ, USA. 1995.

SIEMENS, D900/D1800/D1900 Overview, MN1780EUMN\_0001. 2000. Pg. 4-6,  
12, 26.

HERRERA PÉREZ, Enrique. Tecnologías y Redes de Transmisión de Datos.  
México: Limusa, 2003. P. 20

BEHROUZ A, Forouzan. Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones.  
España: McGraw-Hill, 2002 Pg. 181-201.

PULIDO ARBELAEZ, Manuel. Equipos eléctricos autónomos: Generadores,  
motosoldaduras y grupos electrógenos. Madrid: Editorial Paraninfo. 1999. P.159.

WIKIPEDIA, The free Encyclopedia, URL:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Uninterruptible\\_power\\_supply](http://en.wikipedia.org/wiki/Uninterruptible_power_supply)

CARRILLO COJULUN, Gustavo Adolfo. Transferencia Automática. Guatemala,  
Universidad de San Carlos de, 2008. Pg. 10, 16, 18.

## ANEXO

### ANEXO A. Manual de instalación alarma Encendido de Motogeneradores

Sistema de información de la compañía del caso de estudio, confidencial.

#### **Alcance:**

Instalar cableado de alarma para detectar tiempos de encendido de los motogeneradores que posee la regional oriente.; a fin de reducir indisponibilidad de red, costos en operación (OPEX, Operational Expense) asociados al mantenimiento de dichos grupos electrógenos, consumo de combustible innecesario.

#### **Objetivo:**

Determinar el momento en que se encienden los motogeneradores en las estaciones de la regional oriente. Existen múltiples casos donde una falla de energía comercial enciende el MG, en el NOC se presenta momentáneamente la falla de energía pero esta posteriormente se clarea al momento en que se enciende automáticamente la planta y la transferencia pasa de operar de modo RED a modo PLANTA y donde esta operación del motogenerador NO se reporta al técnico de campo de cada zona; ya que para el NOC la operación con energía comercial o planta es igual por el aclaramiento de la alarma de energía. Esto ocasiona que el MG trabaje por varias horas, incluso días, sin que se detecte su operación, durante este tiempo se consume todo el combustible, pudiendo hacer gestión para solución oportuna de la falla de energía, evitando el trabajo innecesario de la maquina. Esto implica un aumento en la indisponibilidad, deterioro innecesario en el MG y un detrimento del presupuesto para el mantenimiento y tanqueo de las estaciones, ya que para la próxima falla no se cuenta con el MG operativo por agotamiento del combustible. Además hay que tanquear nuevamente por haberse gastado el combustible antes de lo previsto.

### Desarrollo:

Las BTS pueden gestionar múltiples alarmas, entre ellas el encendido del MG, esta gestión se realiza por medio de las tarjetas de alarmas externas. La tarjeta de alarmas externas asociadas a las BTS del (8525) denominada TAE y para la BTS (9025) denominada TAEC, se muestra a continuación:

Figura:TAE BTS 8525:



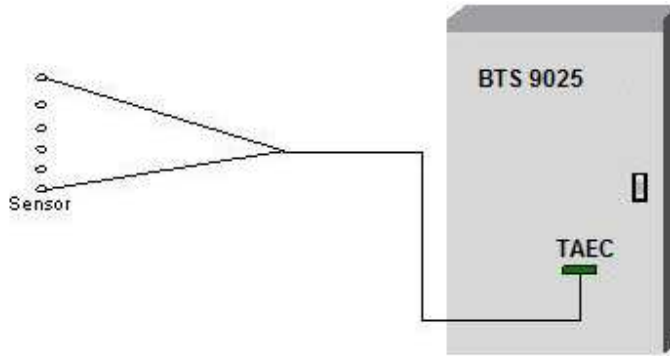
Fuente: Autores

Figura:TAEC BTS 9025:



Fuente: Autores

Figura: Conexiones desde BTS (tarjeta TAEC) hasta sensor.



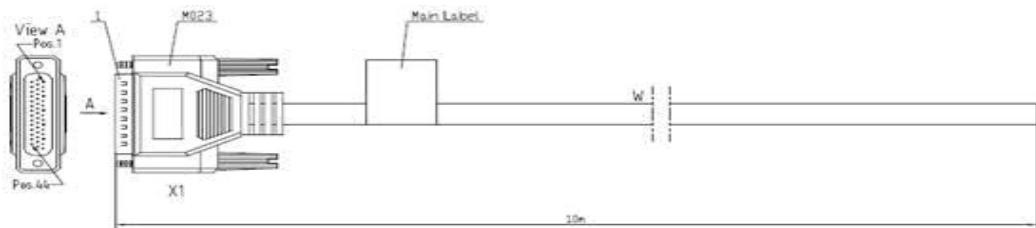
Fuente: Confidencial

Por estándar, estas alarmas para la gestión del encendido del MG se pueden conectar a los pares que se muestran a continuación, en cable para conexiones de cada tarjeta.

TAE: Posición S1 BLUE/ White BLUE (Azul/Blanco Azul).

TAEC: Posición SW\_IN2 Orange/White Orange (Naranja/blanco Naranja).

Figura: Cable de conexión BTS9025

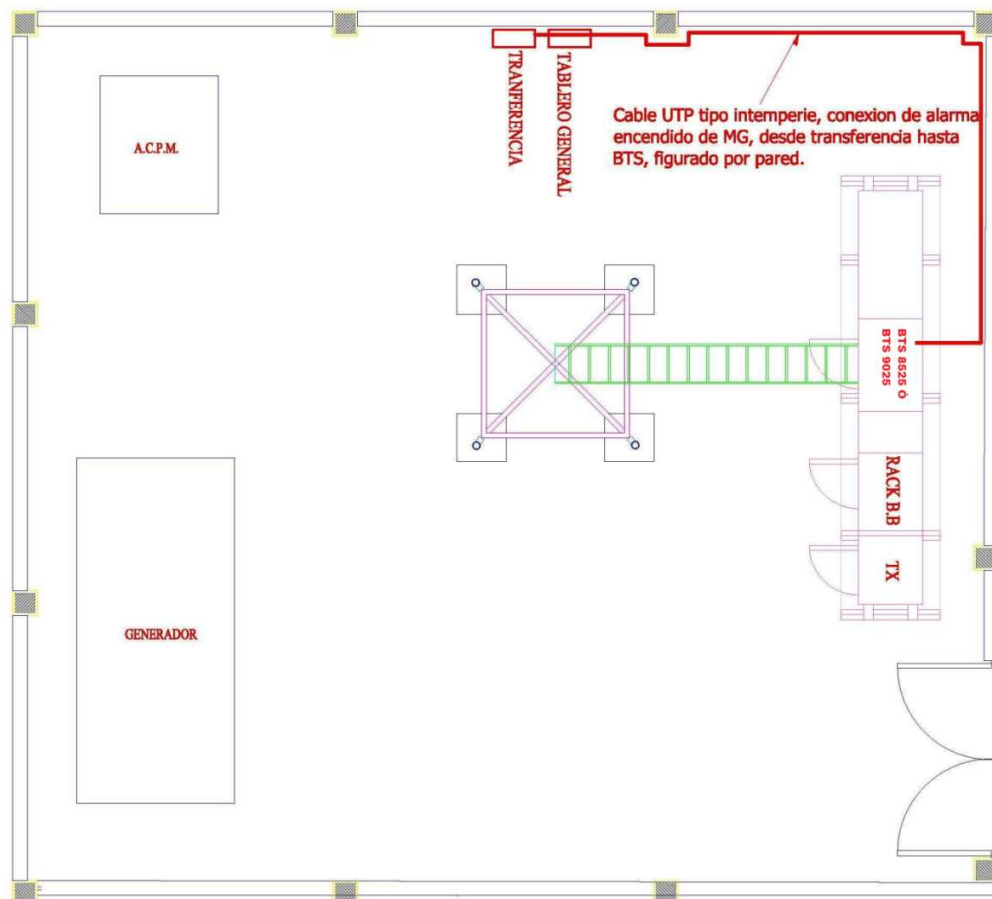


Fuente: Confidencial

Usualmente este cable conector se lleva al DDF (Digital DistributionFrames) ubicado en el gabinete de transmisión TX, y desde allí se hace la distribución de las señales de alarmas, bien sea a la transferencia o a algún contacto auxiliar asociado al encendido del MG o a cualquier sensor on/off que se quiera gestionar.

Para este caso vamos a omitir el paso por el DDF del gabinete de transmisión, ya que en muchas estaciones no poseemos gabinetes de transmisión y adicional este cable tampoco alcanzaría para extenderlo directamente desde la BTS hasta la transferencia. Hay sitios donde no existe el cable conectado a la TAE (las tarjetas TAEC usualmente por defecto tiene este cable debido al tipo de conector ya que es especial), por consiguiente se suministrará un cable UTP tipo intemperie que se lleva directo desde la transferencia hasta la TAE o TAEC de la BTS, ver siguiente figura. Este cable UTP debe ser figurado por pared con grapa plástica, o por la escalerilla. En algunas estaciones existe el cable UTP y esta extendido entre la transferencia y el gabinete de Transmisión o la BTS, ese cableado se puede usar sin problema alguno.

Figura: Tendido del cable UTP desde transferencia hasta BTS



Fuente: Confidencial

Este cableado se conecta en la transferencia a un contacto auxiliar N/O (normalmente abierto) asociado al contactor de planta, y en la BTS a los pares anteriormente mencionados de acuerdo a cada BTS, como esta por ejemplo para la BTS 8525 en la figura A. Para la conexión del cable en la BTS se enviara a cada técnico de campo una pequeña regleta de 4 posiciones, para una eficaz conexión, si no está este cable en la TAC, podremos conectar directamente, como se muestra en la figura B, lo importante es escoger un par del cable y continuar con este color del par hasta la transferencia.

Figura A



Figura B



Fuente: Los Autores

Para identificar la forma de conexión a los contactos auxiliares asociados a los contactos principales en la transferencia, se hace un recuento del tipo de transferencias que se tiene instaladas en las estaciones en la actualidad en la regional:

Figura: Schneider Telemecanique, asociadas usualmente a MG Perkins:



Fuente: Los Autores

Figura: Equitronica, asociadas usualmente a MG Cummins:



Fuente: Los Autores

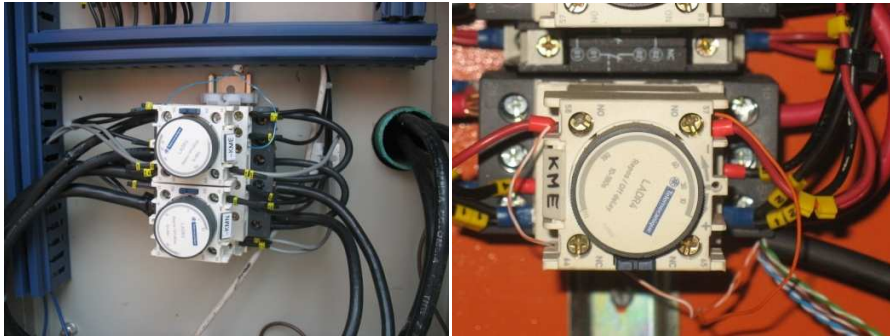
Figura: ASCO, en pocos sitios (conocidos, Arcabuco-Comcel EST0037):



Fuente: Los Autores

A continuación se presenta los contactos auxiliares en cada tipo de transferencia.

Figura: Transferencia Schneider Telemecanique, Contacto Aux. N/O en contactor de Planta, posiciones 57-58, o las posiciones 13-14.



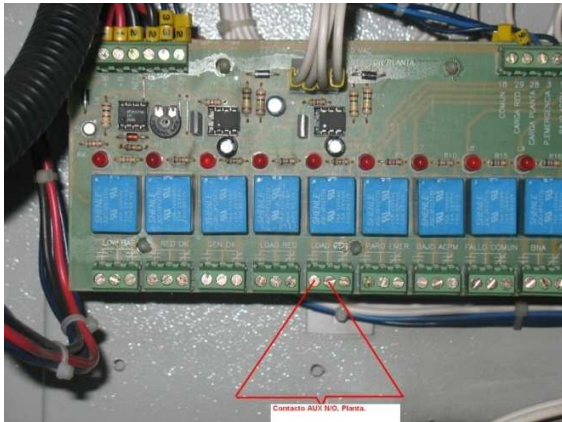
Fuente: Los Autores

Figura: Transferencia Equitronica, Contacto Aux. N/C en contactor de Planta, posiciones 23-24.



Fuente: Los Autores

Figura: La tarjeta de alarmas de esta misma transferencia (preferiblemente):



Fuente: Los Autores

Figura: Transferencia ASCO Contacto Aux. N/O en contactor de Planta, posiciones 10-11.



Fuente: Los Autores

Después de realizar cada instalación, se debe proceder a configurar la respectiva alarma del sitio con el administrador de la BSC. Realizar una llamada al personal de optimización para que ellos configuren y activen las alarmas en la BSC asociada a cada estación o BTS, de este modo poder gestionar las alarmas reportadas por encendido del MG en el M2012 en el centro de operaciones de red NOC (Network Operation Center).