



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD TECNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

Diseño de un cuarto de equipos de voz y datos de Telecomunicaciones con su sistema de protección de puesta a tierra, ubicada en la finca Limoncito

Previa la obtención del Título

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

con Mención en Gestión Empresarial en Telecomunicaciones

ELABORADO POR:

ANGEL XAVIER CHOEZ MURILLO

DANIEL ALEJANDRO BARREZUETA FIGUEROA

Guayaquil, Agosto de 2012



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los señores Ángel Xavier Chóez Murillo y Daniel Alejandro Barrezueta Figueroa como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES con Mención en Gestión Empresarial en Telecomunicaciones.

Guayaquil, Agosto de 2012

DIRECTOR DE TESIS

ING. LUIS ORLANDO PHILCO ASQUI, MSc

REVISADO POR

ING. LUIS ENRIQUE PINZÓN BARRIGA

REVISADO POR

ING. LUIS VICENTE VALLEJO SAMANIEGO

DIRECTOR DE CARRERA

ING. MIGUEL ARMANDO HERAS SÁNCHEZ



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

con Mención en Gestión Empresarial en Telecomunicaciones

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Ángel Xavier Chóez Murillo y Daniel Alejandro Barrezueta Figueroa

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “Diseño de un cuarto de equipos de voz y datos de Telecomunicaciones con su sistema de protección de puesta a tierra, ubicada en la finca Limoncito”, ha sido desarrollada con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Guayaquil, Agosto de 2012

AUTORES

Ángel Xavier Chóez Murillo

Daniel Alejandro Barrezueta Figueroa



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES
con Mención en Gestión Empresarial en Telecomunicaciones

AUTORIZACIÓN

Ángel Xavier Chóez Murillo y Daniel Alejandro Barrezueta Figueroa

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del proyecto titulado: “Diseño de un cuarto de equipos de voz y datos de Telecomunicaciones con su sistema de protección de puesta a tierra, ubicada en la finca Limoncito”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Enero del 2012

AUTORES

Ángel Xavier Chóez Murillo

Daniel Alejandro Barrezueta Figueroa

Índice de contenido	
Introducción	1
Problema	1
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
Hipótesis	2
Justificación	2
Metodología del proyecto de investigación	3
Capítulo 1: Caseta de Telecomunicaciones y los métodos de aterrizamiento	4
1.1 Conceptualización de los sistemas de puesta a tierra	5
1.2 Conexión a Tierra en Cuartos de Telecomunicaciones	16
1.3 Recomendaciones en sistema de puesta a tierra	18
1.4 Normas para aterrizamiento de cuartos de telecomunicaciones	20
1.5 El Electrodo en Sistemas de Tierra	25
1.5.1 Barras	25
1.5.2 Planchas	26
1.5.3 Electrodo Horizontales	26
1.5.4 Conexiones	26
1.5.5 El conductor o cable	28
1.6 Esquemas de sistema de Tierra	29
Capítulo 2: Selección de Método para aterrizar un Cuarto de Equipos	32
2.1 Análisis de resistividad del terreno en Limoncito	32

2.2 Método 4 electrodos para medir resistividad	33
2.2.1 Cálculos según método 4 electrodos para calcular resistividad	35
2.2.2 Resultado de la aplicación con el instrumento	36

Capítulo 3: Diseño de un Cuarto de Telecomunicaciones para Finca Limoncito 38

3.1 Criterios del diseño	38
3.2 Representación del cuarto de Telecomunicaciones en Limoncito	42
3.3 Cálculos para la climatización del cuarto de equipos	44

Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones 48

4.1 Conclusiones	48
4.2 Recomendaciones	49

Bibliografía

Índice de Figuras

Capítulo 1

Figura 1.1: Rack para cuartos de telecomunicaciones	4
Figura 1.2: Conexión a tierra en data centres	7
Figura 1.3: Conexión a Tierra para Racks en Data Centers (Piso Falso)	8
Figura 1.4: Transformadores aislados dentro de cuarto	9
Figura 1.5: Electrónos de la central-repetidora de CNT	10
Figura 1.6: Equipos de suministro de energía continúa Transformadores aislados dentro de cuarto	11
Figura 1.7: Sistema electróno redundante (1+1), repetidora santa Ana	12
Figura 1.8: Sistema de climatización para cuartos de telecomunicaciones	13

Figura 1.9: Modelo de corrientes de aire en Data Centers	13
Figura 1.10: Sistema contra incendio en un Data Center	14
Figura 1.11: Tubos capilares para preciso análisis del aire	15
Figura 1.12: Conexión a Tierra para un Cuarto de Telecomunicaciones	17
Figura 1.13 Conexión a Tierra para Rack en Cuarto de Telecomunicaciones	17
Figura 1.14: Conexión equipotencial bajo suelo falso	19
Figura 1.15: Cable 2.0 AWG	28
Figura 1.16: Diseño de Sistema a Tierra (malla triangular)	29
Figura 1.17: Diseño de Sistema a Tierra (malla horizontal)	30
Figura 1.18: Diseño de Sistema a Tierra (una varilla)	31

Capítulo 2

Figura 2.1: Método de 4 electrodos o Wenner	33
Figura 2.2: Medición con método Wenner en suelo Limoncito igual a 6.19Ω	36
Figura 2.3: Medición de resistividad en sitio para cuarto de Comunicaciones	37

Capítulo 3

Figura 3.1: Diseño de una caseta para torre de telecomunicaciones en Limoncito	39
Figura 3.2: Vista superior del cuarto de Telecomunicaciones en Limoncito	43
Figura 3.3: Cálculos para propuestas de climatización	45
Figura 3.4: Representación de caseta de equipo para torre de comunicaciones en Limoncito	46
Figura 3.5: Lugar de construcción de la caseta para la torre de comunicaciones en Limoncito	47

Índice de Tablas

Capítulo 1

Tabla 1.1: Normas Eléctricas para aterrizamiento de torres y cuarto de equipos	20
Tabla 1.2: Dimensionamiento del TBB	24

Tabla 1.3: Porcentaje de reducción del valor resistivo en función del tipo de configuración	31
---	----

Capítulo 2

Tabla 2.1: Datos del terreno de la finca Limoncito	32
--	----

Capítulo 3

Tabla 3.1: Áreas de tamaño del cuarto según número de computadores	39
--	----

Tabla 3.2: Consumo de equipos que están conectados las 24 horas del día en la finca Limoncito	43
---	----

Tabla 3.3: Propuesta de equipos	44
---------------------------------	----

Anexos

Anexo 1: Presupuesto del Proyecto

Anexo 2: Cronograma del Proyecto

Anexo 3: Normas para aterrizar, edificios, Data Center y Cuartos de Equipos

Agradecimiento

Los autores de este trabajo de tesis desean agradecer a Dios por permitirnos concretar satisfactoriamente nuestros sueños y metas, por darnos valor, perseverancia y fuerza para afrontar todos estos años de estudios.

A nuestros padres, porque cada uno de ellos, en su momento, buscaron lo mejor para nosotros y nos hizo una persona con valores, íntegros y con principios para toda la vida.

Asimismo, queremos agradecer sinceramente al Decano Ing. Manuel Romero, Director de Carrera Ing. Miguel Heras, Coordinador Académico Ing. Luis Vallejo autoridades de la Facultad Técnica y a nuestro director de Tesis, Ing. Luis Orlando Philco, por su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, sus orientaciones y su motivación han sido fundamentales para culminar con esta tesis.

También nos gustaría agradecer los consejos recibidos a lo largo de los últimos años por otros profesores de la Facultad Técnica, que de una manera u otra han aportado su apoyo y colaboración a nuestra formación.

Dedicatorio

Nos gustaría dedicar esta Tesis a toda nuestra Familia, en particular a nuestros padres, por su comprensión y ayuda en momentos malos y buenos. Nos han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni decaer en el intento. Nos han dado todo lo que somos como persona, los valores, principios, perseverancia y empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

Igualmente, este trabajo está dedicado a todos los estudiantes de la Facultad Técnica de la carrera de Telecomunicaciones y Eléctrico-mecánica.

A todos nuestros profesores/as y autoridades de la Facultad Técnica, por la comprensión, apoyo incondicional y consejos, a todos ellos, está dedicada esta tesis.

Resumen

El presente proyecto de tesis, es proponer el diseño de un cuarto para la torre de telecomunicaciones actualmente reubicado a una distancia de 130 metros de su sitio original. La torre es tipo venteada, su nombre por los 9 vientos (tensores de alambre acerado) que la sostienen, esta torre tiene altura de 18 metros, en ella está sujeta la antena del equipo cliente (receptor) de internet, esta opera bajo la frecuencia de 5.8 GHz.

Luego es necesario estudiar el tipo de resistividad del terreno para la propuesta del diseño de un sistema de puesta a tierra (SPT) para la caseta o cuarto de equipos, con ello se puede evitar daño en los equipos que se instalen dentro del cuarto. En el estudio del SPT, se propone un método de aterrizamiento, para el cuarto de equipos.

El diseño del cuarto o caseta de equipos para la torre de comunicaciones en la finca Limoncito es un proyecto estratégico, con ello se desea que a corto plazo las autoridades de la Facultad Técnica puedan construirlo, así una vez implementado pondría en orden y en un solo lugar los equipos electrónicos de cualquier sistema. Además que debe ofrecer restricción de manejo de equipos por parte de personas no autorizadas.

Abstract

This thesis purpose is to suggest the design of a room for a telecommunication tower that was relocated 130 meters away from its original site. The tower is guyed type, in Spanish, named after the 9 winds (steel wire tensor) that support it, the height of this tower is 18 meters, it holds the antenna of the internet client computer(receiver), and operates at the frequency of 5.8 GHz.

It is also necessary to study the type of soil resistivity for the proposed design of a grounding system(GS) for the house or equipment room, thus you can avoid damage to the equipment to be installed inside the room. In the GS study, we propose a grounding method for the equipment room.

The design of the room or equipment booth for the communication tower on the farm Limoncito is a strategical project, it's expected that the authorities of the Technical College be able to build it in the short term, so that once implemented it would put in order all the electronic equipment of any system in a single place. It would also allow to restrict handling of the equipment by unauthorized people.

Introducción

El presente trabajo de tesis está enmarcado en la propuesta o intervención de un cuarto de equipos para la torre de telecomunicaciones en la finca de limoncito. Se considera como una propuesta factible y detallada ya que su implementación debe ser ejecutada lo más pronto posible para dar seguridad y resguardo de sobre voltaje a todos los equipos electrónicos que en él se instalen.

Para resolver el problema de sobre voltajes y de suspensión eléctrica en el sector (proveedor la empresa eléctrica de Santa Elena) se propone además un sistema de tierra para el cuarto de equipos.

El capítulo primero conceptualiza el trabajo que cumplen los cuartos de equipos, centro de datos de empresas de telecomunicaciones, también se conceptualiza argumentos teóricos y referenciales a la solución del problema de sistema de tierra, se describen 3 diseños teóricos para cuartos de equipos pequeños.

En el capítulo dos, se analiza mediante formulaciones matemática la resistividad del terreno en la finca de limoncito y este resultado se comprobara con la medida realizada con un telurómetro.

El capítulo tres, se propone el diseño y criterios técnicos para las dimensiones el cuarto de equipos, se describen los resultados y técnicas metodológicas empleadas en el diseño del cuarto.

Problema

De acuerdo a la norma ANSI / EIA / TIA – 568 de la ingeniería en telecomunicaciones no permite que un cable de red sobrepase los 100 metros en una comunicación punto a punto, por lo que conectar la torre de comunicaciones al cuarto separada a más de 130 metros es anti-técnico; siendo necesario el diseño técnico de un cuarto de equipos, para la finca Limoncito, evitando la atenuación de señal de internet por la distancia que hay entre la torre y el bloque de aulas.

Objetivo General

Realizar el diseño del cuarto de comunicaciones para la torre de la finca Limoncito y el estudio para el aterrizamiento de los equipos eléctricos y electrónicos instalados en el mismo.

Objetivos Específicos

- Analizar los métodos de aterrizamiento eléctrico a tierra para cuartos de equipos de telecomunicaciones.
- Seleccionar un método adecuado de aterrizamiento para un cuarto de equipos en la finca Limoncito.
- Diseñar un cuarto de telecomunicaciones junto a la torre de comunicaciones reubicada, en la finca Limoncito.
- Realizar los cálculos para la propuesta de climatización del cuarto de equipos en la finca Limoncito.

Hipótesis

El diseño estructural de un cuarto, o caseta, de equipos de telecomunicaciones para la finca Limoncito, con un dimensionamiento técnico proporcionará orden y seguridad de los equipos que estén en su interior, garantizando un buen desempeño de la comunicación de internet entre la UCSG y Limoncito, cuando se construya el cuarto, el sistema de aterrizamiento que se propone en el trabajo de tesis protegerá de sobre voltajes a los equipos electrónicos que se instalen dentro del cuarto. Así también un sistema de climatización, en el cuarto, es fundamental para que los equipos operen de forma confiable.

Justificación

La propuesta del diseño del cuarto es un trabajo de tesis de intervención, cuyo diseño permitirá su futura implementación, con lo que se dispondrá de una infraestructura con garantía de seguridades para los equipos electrónicos existentes y que se adicionen.

Metodología del proyecto de investigación

Este proyecto es de intervención, no es de investigación, no se realizará validación de hipótesis, se tiene previsto utilizar métodos como la observación directa en el sitio, se efectuará visitas a la finca limoncito, otra metodología es la descriptiva por cuanto se conceptualiza, como son y para qué sirven los cuartos de telecomunicaciones, se describen en este aspecto los criterios de estructura que tiene un cuarto de equipos según los componentes que se instalarán dentro de él. El método analítico, es el utilizado para formalizar cálculos básicos de un sistema de tierra para el cuarto propuesto.

CAPITULO 1

CASSETAS Y/O CUARTOS DE TELECOMUNICACIONES Y LOS METODOS DE ATERRIZAMIENTO

La ubicación del cuarto y/o caseta de Telecomunicaciones debe ser lo más cercano posible a una torre, es recomendable a 3 metros de distancias. El cuarto de telecomunicaciones típico estará formado por uno o más racks, estos son gabinetes metálicos, el cual contendrá el ponchado de los puntos de voz como de datos, paneles de categoría 6a y uno o varios *switches* que permita la conexión por medio del cableado horizontal (subsistema del cableado estructurado) hacia varios computadores, teléfonos IP (*Internet Protocol*, protocolo de internet).

En la figura 1.1 se aprecia un rack para equipos que es de similares características al que posee Limoncito.

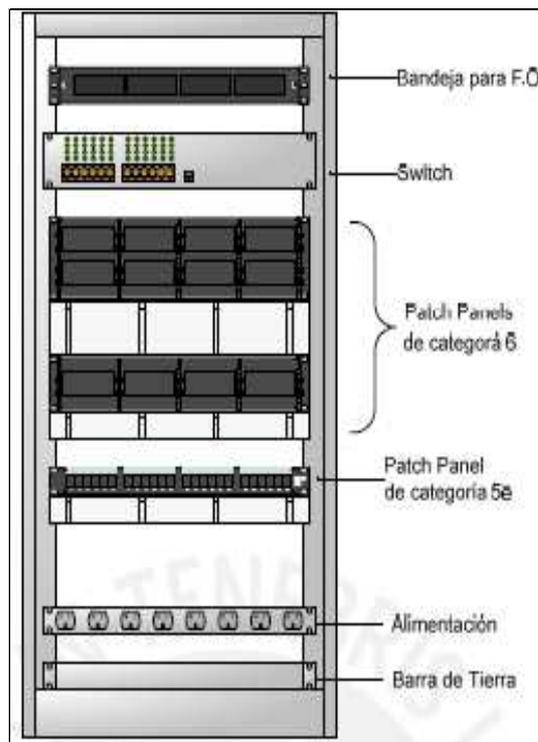


Figura 1.1 Rack para cuartos de telecomunicaciones

Fuente: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/ca/software/software-general/453-diseno-de-la-red-del-centro?start=4>

En el caso de Limoncito existen 3 aulas que bien pueden tener 3 computadores en cada una de ella y debe realizarse el cableado de datos.

1.1 Conceptualización de los sistemas de puesta a tierra

El objetivo principal de un buen sistema a tierra es mantener buenos niveles de seguridad del personal, operación de los equipos y desempeño de los mismos, generando un punto de protección al equipo, conectando los sistemas a tierra se limita los sobre voltajes eléctricos, transitorios en la red o contacto accidental con líneas de alta tensión.

Estabilizar la tensión eléctrica a tierra durante su funcionamiento normal. Los equipos al conectarse a tierra ofrecen un camino de baja impedancia para las corrientes eléctricas de falla, facilitando así, el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobre corrientes.

En el caso de cuartos o caseta de equipos para repetidoras, nodos de telecomunicaciones es fundamental contar con sistema de tierra, en sus torres deberá además instalarse pararrayo. Canalizando los rayos y cargas electrostáticas a tierra se obtiene resultados de seguridad, en este caso se protege de daños a personas y equipos del cuarto de telecomunicaciones.

Con respecto al sistema de puesta a tierra, los reglamentos y normas establecen lo siguiente:

- Las instalaciones que lo precisen dispondrán de un número suficiente de puntos de puesta a tierra, distribuidos convenientemente conectados al mismo electrodo o conjunto de electrodos.
- El punto de puesta a tierra estará constituido por un dispositivo de conexión, que permita la unión entre conductores de las líneas y la principal de tierra, de tal manera que puedan separarse para hacer pruebas y medidas de resistencia de tierra.

Los propósitos principal de un sistema de puesta a tierra es mantener baja impedancia con el objeto de limitar el voltaje a tierra y así contribuir con un mejor desempeño en la operación de los sistemas de protección, además mantiene un

mismo nivel de potencial de tierra en todas las unidades del sistema que están conectados entre sí a tierra al mismo tiempo.

“La creación de cuartos de equipos, centrales de telecomunicaciones, nodos, cuarto de repetidores tiene como principal objetivo, tener acceso a la información necesaria para sus operaciones” (Arregoces & Portolani, 2004).

Hoy en día existen los *datacenters*, prácticamente todas las compañías medianas o grandes tienen algún tipo de Centro de Procesamiento de Datos o CPD, mientras que las más grandes llegan a tener varios.

Las principales infraestructuras que componen los centros de datos o *data centers* de manera genérica difiere en sus sistemas de tierra, sin entrar en detalles particulares que pudieran diferenciar una de otra. Se puede realizar una agrupación de dichas infraestructuras por disciplina, aunque cualquier otro tipo de clasificación podría ser perfectamente válido.

En un principio, se ha estructurado de la siguiente manera (Huidrobo, 2006):

- Arquitectura.
- Electricidad.
- Climatización
- Sistemas de Seguridad Física.

➤ Arquitectura

Dentro de ésta disciplina quedan englobadas todas aquellas infraestructuras relacionadas con la obra civil tales como edificaciones, que pueden ser el cuarto y/o caseta, incluye también accesos perimetrales, etc.

Las normas internacionales que más adelante se nombran, indican que, internamente en los cuartos, se instalarán racks, conectores, placas a tierra, piso falso y sus conexiones a tierra entre otros, acogiendo las normas internacionales sobre conexiones de tierra en data centers, por ejemplo en la figura 1.2 se aprecia

un cuarto de datos equipado y que cumple con el manual BICSI TDM, 10ma Edición, las normas de ANSI con estándar J-STD-607-A, TIA-942, IEEE con estándar 1100 (IEEE Libro Esmeralda) y certificación de calidad y seguridad UL.

Se recomiendan tornillos para conexiones a tierra para el montaje de todo panel, equipo, racks, etc. para asegurar la continuidad eléctrica entre los componentes metálicos y el rack conectado a tierra se puede utilizar para aterrizar equipos montados en gabinetes que cumplan con el estándar EIA-310-D, y se termina el trabajo uniendo todos los componentes del gabinete a la “tira” de tierra del rack.

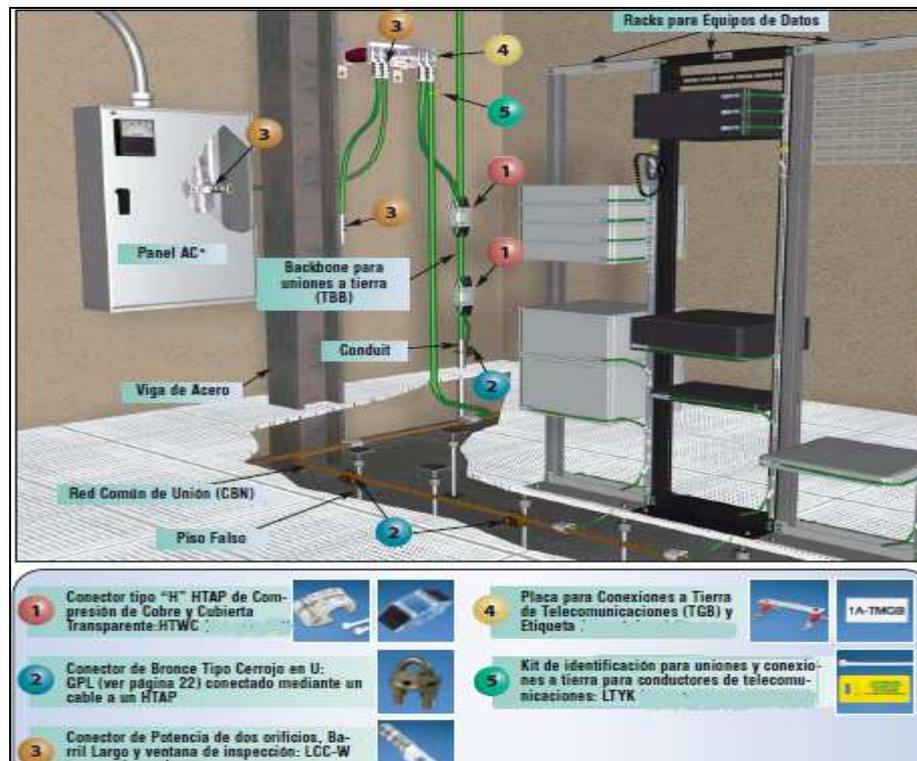


Figura 1.2 Conexión a tierra en data centers

Fuente: <http://www.gruposite.com.mx/files/infraestructura/infraestructura/tierras-fisicas/fichas/Brochure%20Tierras%20Fisicas.pdf>

El tablero o panel AC deberá ser aterrizado de acuerdo con los estándares NEC. El gabinete deberá ser aterrizado según las especificaciones del fabricante. Los ítems 1, 2 y 3 son conectores para cables, para la tira de bronce y para contactos respectivamente, el 4 ítem, es la placa de bronce donde irán a conectarse varios cables del sistema de tierra.

Se aprecia un piso falso típico, este incluye componentes metálicos que se conectan entre sí. La figura 1.3 muestra la conexión a tierra para racks en data center (piso falso).



Figura 1.3 Conexión a Tierra para Racks en Data Centers (Piso Falso)

Fuente: <http://www.gruposite.com.mx/files/infraestructura/infraestructura/tierras-fisicas/fichas/Brochure%20Tierras%20Fisicas.pdf>

Es responsabilidad del ingeniero e instalador del piso falso, el asegurar que todos los componentes metálicos del mismo estén unidos, para que estén conectados eléctricamente entre sí de conformidad con las especificaciones aplicables.

➤ Electricidad

Uno de los apartados más importantes y más críticos en cuanto a la red eléctrica para los *datacenters* son las distribuciones de red en media tensión y baja tensión.

- **Media Tensión:** incluye el centro de transformación en cualquiera de sus modalidades (interior, exterior intemperie, exterior a la caseta construida).

Debido a la topología en red que suelen establecer los operadores de telecomunicaciones, no es habitual encontrar potencias de transformación elevadas y, por tanto, la existencia de subestaciones, ya que se decide establecer “anillos” conectando distintas centrales y eso proporciona un alto nivel de seguridad en caso de aislamiento de alguna de ellas y , además, permite trabajar con potencias menores. 25

Dentro de éste grupo, es posible encontrar varios transformadores en paralelo para cubrir la potencia necesaria ó incluso sistemas de media tensión duplicados como servicio redundante para que, en caso de contingencia, uno de los transformadores pudiera absorber la potencia del otro.



Figura 1.4 Transformadores aislados dentro de cuarto

Fuente:http://www.aloj.us.es/notas_tecnicas/Centrales_de_Telecomunicaciones.pdf

- **Baja Tensión:** Distribución eléctrica de todos los servicios desde el o los centros de transformación hasta panel de transferencia eléctrica. Se enfoca en centrales o cuarto de repetidoras, “este modelo de alimentación a baja tensión por lo regular es trifásica y dentro de las centrales se tiene para los casos de suspensión eléctrica, uno o dos grupos electrógenos, cuya principal función es entrar a operar automáticamente en caso de cortarse la

energía y en caso de que se restablezca el tablero de transferencia conmuta su entrada a la red eléctrica de la empresa eléctrica”(Kalpakjian, 2002).

En la figura 1.5 se aprecia un grupo electrógeno y al fondo el tablero de transferencia eléctrica, en las centrales o repetidoras que por lo regular están instaladas en zonas rurales se diseñan y se instalan dos grupos electrógenos (redundancia; 1+1), para que estén conectadas entre el tablero de transferencia eléctrica y la red eléctrica pública.



Figura 1.5 Electrógenos de la central-repetidora de CNT
Fuente: Repetidora Santa Ana (cortesía de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, CNT).

- SAI (sistema de alimentación ininterrumpida): es un dispositivo que, con sus baterías asociadas, puede proporcionar energía eléctrica CD, ante diversas incidencias en la red eléctrica, estas incidencias pueden ser, la previsión de un suministro incorrecto por parte de los distribuidores, un corte de energía, micro cortes de energía, presencia de armónicos en la red eléctrica, sobre tensiones, picos de tensión eléctrica, caídas de tensión eléctrica y variaciones de frecuencia, entre otras.

La función principal que cumple el UPS o SAI, es la de regular el flujo de electricidad, preservando su calidad y protegiendo eléctricamente

los equipos que conectados al equipo, controlando las subidas y bajadas de tensión y corriente existentes en la red eléctrica.

El UPS o SAI, están principalmente conectados a equipos denominados “cargas críticas”, que pueden ser servidores, computadoras, módems, equipos de telecomunicaciones y, en general, cualquier equipo eléctrico o electrónico que requiera tener una alimentación constante, ininterrumpida y de calidad (Blake, 2004).



Figura 1.6 Equipos de suministro de energía continua

Fuente:http://www.aloj.us.es/notas_tecnicas/Centrales_de_Telecomunicaciones.pdf

Y los generadores eléctricos, el equipo fundamental de un grupo electrógeno dentro del respaldo eléctrico CA. A *datacenters* es vital y, por tanto, es necesario que se encuentre siempre en perfecto estado.

Es habitual encontrar equipos redundados (1+1) para garantizar el suministro en todo momento y poder realizar las paradas correspondientes de una de las unidades para su mantenimiento programado.

Lo normal es que se trate de motores diesel con un sistema automático de control que gestiona la conmutación con la red y el funcionamiento del grupo redundante (máster/esclavo).



Figura 1.7 Sistema electrógeno redundante (1+1), repetidora Santa Ana
Fuente: Repetidora Santa Ana (cortesía de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, CNT).

➤ Climatización

Otro factor importante para la óptima operación de los equipos en un cuarto o data centers es la climatización, y para ello se hacen cálculo de las dimensiones del cuarto y de los equipos que se instalen dentro. Los fabricantes de estos sensibles equipos de telecomunicaciones mantienen exigencias en cuanto a rangos de temperatura y humedad (la base de cálculo en sala de equipos estará conforme a la norma ETS 300 019 1-3 Class 3.1 “Lugares con temperatura controlada”) (Calloni, 2003).

Los sistemas comúnmente empleados actualmente para climatización son la refrigeración por agua y la de gas-aire (expansión directa), aunque la primera de ellas se va poco a poco desestimando por la dependencia que se adquiere de un

aporte constante de agua, la necesidad de depósitos y el mantenimiento que demanden ese tipo de instalaciones (Rivera, 1999).

En la figura 1.8 se aprecia un cuarto de equipos con equipos de climatización, dimensionados para datacenters.



Figura 1.8 Sistema de climatización para cuartos de telecomunicaciones
Fuente:http://www.aloj.us.es/notas_tecnicas/Centrales_de_Telecomunicaciones.pdf

Cualquiera de estos sistemas, a su vez, puede verse complementado con dispositivos “*free-cooling*” que aprovechan en determinadas épocas del año y en función de la localización geográfica del centro, la temperatura ambiente exterior. En la zona de salas técnicas la ventilación/extracción se deja en manos exclusivamente de los equipos de climatización, ya que se genera un flujo de aire frío desde las máquinas que es impulsado por el falso suelo mediante rejillas instaladas a tal efecto en el suelo técnico y cuyo retorno de aire caliente se produce por el falso techo de la sala bien de manera conducida, bien mediante “*plenum*” general (Ramirez, 2004).

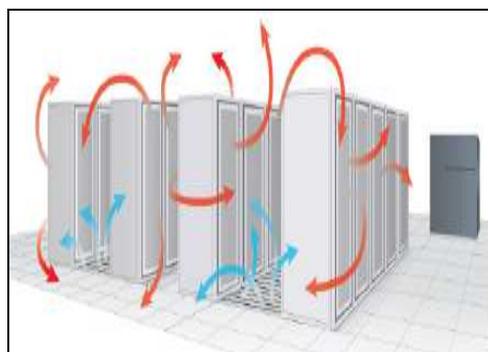


Figura 1.9 Modelo de corrientes de aire en data centers
Fuente:http://www.aloj.us.es/notas_tecnicas/Centrales_de_Telecomunicaciones.pdf

➤ Sistemas de Seguridad

En entornos de ámbito tecnológico y siempre teniendo en cuenta el alto grado de innovación en el que se desarrollan todas las actividades asociadas al sector de las telecomunicaciones, es fácil intuir la importancia que cobra la seguridad en todos sus aspectos, en éste tipo de instalaciones.

Hay que dotar de sistemas de seguridad a las instalaciones, para ayudar a la seguridad de *datacenters* y cuartos de telecomunicaciones existen:

- Sistema contra incendio: podríamos distinguir entre la detección y la extinción, utilizándose en éste sector cualquier tipo de sistema ó tecnología disponible en el mercado, por tanto, en la fase de diseño del centro en donde se deben seleccionar los sistemas a utilizar, independizando por zonas tanto la detección como la extinción y utilizando en cada una de ellas el sistema más adecuado.

En cuanto a la detección, es habitual encontrar en éste tipo de instalaciones los detectores de humo habituales en las zonas comunes y de servicios, pasillos, oficinas, etc.

En las zonas técnicas se suelen incluir éstos mismos detectores colocados en el techo pero, además, se suplementa con otra serie de detectores del mismo tipo que se instalan bajo el falso suelo técnico con el objeto de detectar posibles focos de fuego, ya que por dicho falso suelo se sitúan los cientos de metros de cables que interconectan equipos.



Figura 1.10 Sistema contra incendio en un data center

Fuente:http://www.aloj.us.es/notas_tecnicas/Centrales_de_Telecomunicaciones.pdf

Últimamente, se están instalando también sistemas de alerta temprana (“sensores electrónicos”) que aspiran en todo momento mediante finísimos capilares (conductos o tubos de nylon flexible) el aire en determinadas zonas susceptibles de producirse emanaciones de aire y combustiones de cableado que generarán una alarma a la centralita de incendios.

Estos tubos de nylon flexible, suelen situarse en la aspiración del retorno de aire de la sala de equipos sensibles electrónicos, ver figura 1.11.



Figura 1.11 Tubos capilares para preciso análisis del aire

Fuente:http://www.aloj.us.es/notas_tecnicas/Centrales_de_Telecomunicaciones.pdf

Y es en el centro de control en donde el aire aspirado es analizado y, en función de las partículas detectadas, actúa en caso de eventual indicios de humo y consecuente incendio en la caseta.

- **Vigilancia y Control:** Es control presencial y de acceso de personal, limitación de acceso a zonas reservadas, circuitos cerrados de televisión, barreras de infrarrojos, detectores magnéticos, etc.

Estos son algunos de los sistemas utilizados en los cuartos de equipos para garantizar en todo momento la seguridad física y obtener información en tiempo real e histórico y gestionado por software.

1.2 Conexión a tierra en Cuartos de Telecomunicaciones

Mayormente no se realizan pisos falsos para la conexión a tierra de los componentes metálicos, conectores y racks sino que se emplean escalerillas metálicas que se instalan en la parte superior del cuarto, este estará asegurado en la loza respectiva. Encima de la escalerilla pasan los cables necesarios que deben estar asegurados con los conectores tipo H, estos cables llegarán a la placa de bronce, que es un punto de conexión.

Así también debe cumplir o se recomienda el manual BICSI TDM, y los estándares J-STD-607-A, TIA-942, IEEE estándar 1100 y UL.

Se recomiendan también tornillos para conexiones a tierra para el montaje de todo panel, equipo, anaqueles, etc. para asegurar la continuidad eléctrica entre los componentes metálicos y el rack conectado a tierra así de la misma forma que para data centers.

Se puede utilizar para aterrizar equipos montados en gabinetes que cumplan con el estándar EIA-310-D; el instalador deberá unir todos los miembros del gabinete a la tira de tierra del rack. En la figura siguiente se muestra un esquema de conexión a tierra en cuartos de telecomunicaciones (repetidoras, nodos).

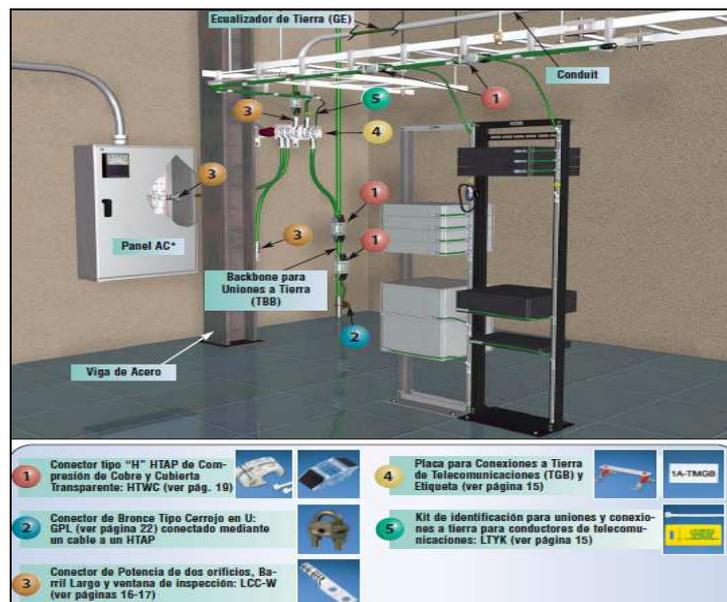


Figura 1.12 Conexión a Tierra para un Cuarto de Telecomunicaciones

Fuente:<http://www.gruposite.com.mx/files/infraestructura/infraestructura/tierras-fisicas/fichas/Brochure%20Tierras%20Fisicas.pdf>

Se observa en la figura 1.12, arriba de la escalerilla, una unión equipotencial, llamada ecualizador de tierra. “Esto es un conductor que trata de reducir el voltaje entre las diferentes conexiones de tierra y que asegure la continuidad eléctrica y capacidad para conducir con seguridad cualquier corriente de falla” (de la Vega, 2002).

Los sistemas de unión equipotencial son un intento de lograr esta condición ideal. “la unión equipotencial, cada conductor expuesto del equipo eléctrico no dedicado a la transmisión y todo conductor accesible ajeno del mismo emplazamiento se conectan a un conductor de protección puesto a tierra (Lee, Cravalho, & Burke, 1992).

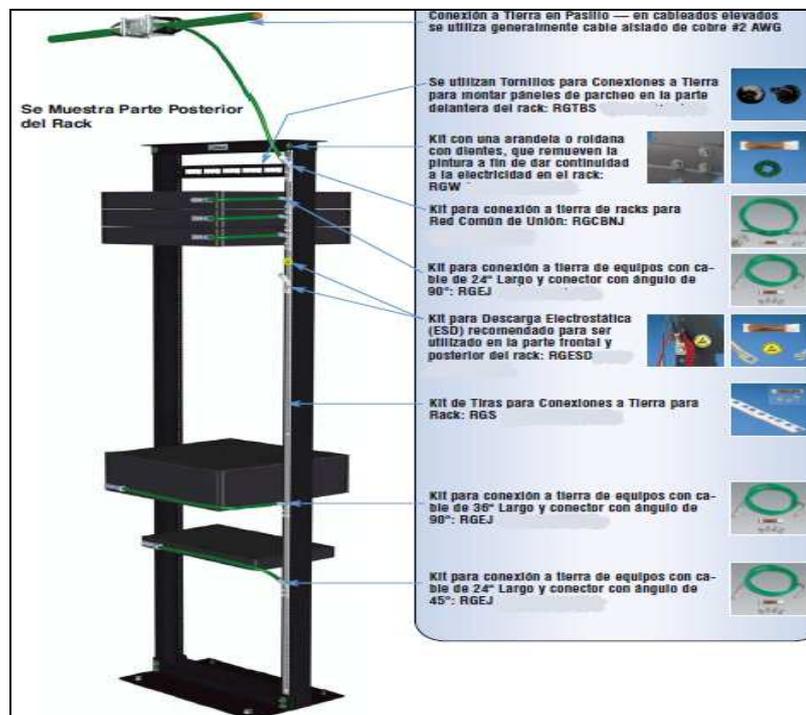


Figura 1.13 Conexión a Tierra para Rack en Cuarto de Telecomunicaciones
Fuente: <http://www.gruposite.com.mx/files/infraestructura/infraestructura/tierras-fisicas/fichas/Brochure%20Tierras%20Fisicas.pdf>

Debe recordarse que mientras los conductores de equipo no destinado a la transmisión están inactivos durante el funcionamiento normal, pueden activarse en caso de fallo de aislamiento. Al disminuir la tensión de contacto, la unión equipotencial impide que los componentes metálicos alcancen tensiones que lleguen a ser peligrosas para el personal y el equipo.

En la práctica, es necesario conectar la misma máquina a la malla de unión equipotencial en más de un punto. Deben identificarse con cuidado las zonas de contacto defectuoso debido, por ejemplo, al recubrimiento de aislantes como lubricantes y pintura.

1.3 Recomendaciones en sistema de puesta a tierra

El subsistema de puesta a tierra para cuartos de telecomunicaciones, que se implementan siguen recomendaciones de la norma TIA-607 y TIA-942. Se analiza un caso, la infraestructura y recomendaciones que debe cumplir un data center pequeño, la TMGB (*Telecommunications Main Grounding Backbone*) será colocada en el primer piso en el espacio donde se tiene la acometida eléctrica, es decir en la zona denominada “Tableros Eléctricos” En el centro de datos se colocará una TGB (*Telecommunications Grounding Busbar*), cuya ubicación se puede ver en la figura 1.14.

Debido a que se coloca falso piso se propone instalar por debajo de él, un enlace equipotencial común a todo el cuarto en forma de malla que estará conectado a la red de tierra del edificio mediante la TGB.

Todo equipo o elemento que requiera ser aterrado se conectará a estos conductores, por lo tanto este enlace (equipo-malla) será de corta longitud, lo cual es una ventaja frente a otros sistemas.

Este método que recomiendan los estándares, es porque la malla ofrece la resistencia más baja de todos los métodos que se puedan usar. Para ello se utilizará un conductor de cobre desnudo de calibre 2 AWG ($0,5127\Omega/\text{Km.}$) pues es lo que recomienda la norma ANSI/TIA/EIA 607 ya que se debe tratar de que esta malla tenga suficiente capacidad para facilitar un camino apropiado a cualquier corriente que se produzca.

Los conductores se dispondrán vertical y horizontalmente siguiendo las varillas de los pedestales del falso piso, tratando de que estén lo más cerca al suelo. La unión entre los cables y las varillas se realizará mediante una abrazadera

de bronce que también deberá tener baja resistencia, ésta se colocará cada tres varillas.

Los elementos que deben ser enlazados a la malla son los gabinetes, las bandejas de piso y las tuberías metálicas por donde pasa el cableado.



Figura 1.14 Conexión equipotencial bajo suelo falso

Fuente:<http://www.gruposite.com.mx/files/infraestructura/infraestructura/tierras-fisicas/fichas/Brochure%20Tierras%20Fisicas.pdf>

En el otro lado del conductor, la mayoría de equipos requerirán ser conectados mediante conector de doble perforación para lograr una mejor sujeción, en el caso de las bandejas se requerirá de conectores que unan el cable pelado con el material de la bandeja y para la unión de las tuberías se utilizarán abrazaderas de cobre.

Todos los gabinetes deberán tener *jumpers* de conexión a tierra que unan sus cuatro lados para asegurar continuidad eléctrica.

Para aterrizar un equipo del interior, se realizará un enlace entre él y uno de los lados del gabinete, para ello se utilizará un conductor #10 AWG y se debe considerar que las partes del gabinete en donde se vaya a colocar el conector tienen que ser de metal puro, es decir remover la pintura en el caso que la haya. Se

planea que toda unión entre el equipo y el gabinete sea realizado con conectores de doble perforación en ambos lados.

En el tablero eléctrico se deberá realizar un enlace directo entre la barra de tierra del panel y la TGB. Las bandejas estarán enlazadas a un cable de calibre 6 AWG (que deberá estar pelado en los puntos de conexión) a través de un conector de aluminio de baja resistencia, el cual se colocará cada 20 m. Este cable hará todo el recorrido de las bandejas hasta llegar a la malla equipotencial donde será unido. La dimensión que se le dará a este conductor será de acuerdo a la tabla 1.1.

1.4 Normas para aterrizamiento de Cuartos de Telecomunicaciones

El sistema de tierra o aterrizamiento de equipos eléctricos y electrónicos debe cumplir con normas técnicas, véase la tabla 1.1 las más aplicadas y reconocidas:

ANSI:	American National Standard Institute.
NEMA:	National Electric Manufactures Association.
ASTM:	American Society of Testing Materials.
NFPA:	National Fire Protecction Association.
NEC:	National Electrical Code.
IEEE:	Institute of Electrical and Electronic Engineers.

Tabla 1.1: Normas Eléctricas para aterrizamiento de torres y cuarto de equipos
Fuente: Diseño Barrezueta-Choez

La correcta conexión a tierra de todo el sistema eléctrico es un factor de suma importancia para la seguridad de las personas y del equipo eléctrico en sí. Esto es un objetivo específico de este trabajo de graduación, tanto de la torre y del cuarto de equipos. (Enríquez, 2005)

Dice las normas eléctricas para aterrizar cuarto y casetas deberán cumplir con:

- Protección para el personal operativo, autorizado o no autorizado.
- Protección a los equipos e instalaciones contra tensiones peligrosas.
- Evitar que durante la circulación de falla a tierra, se produzcan diferencias de potencial entre distintos puntos de la instalación, proporcionando para esto, un circuito de muy baja impedancia para la circulación de estas corrientes.
- Apego a normas y reglamentos públicos en vigor.
- Dispersar las cargas estáticas a tierra.
- Constituye un sistema de protección contra incendios, al limitar en tiempo y valor las corrientes de fuga.

El sistema de puesta a tierra consta de los elementos agrupados de la siguiente forma:

- Terreno o tierra.- Encargado de disipar todas las energías que a él accedan.
- Toma de tierra.- Parte enterrada en el terreno, formada por:
 - Las varillas
 - Línea de enlace con tierra
 - Punto de puesta a tierra
- Instalación de puesta a tierra.- Parte exterior al terreno, formada por:
 - Línea principal de tierra
 - Derivaciones de la línea principal de tierra
 - Conductores de protección

➤ Norma ANSI/TIA/EIA 607

El sistema de puesta a tierra es muy importante en el diseño de un cuarto de equipos ya que ayuda a maximizar el tiempo de vida de los equipos, además de proteger la vida del personal a pesar de que se trate de un sistema que maneja voltajes bajos.

Aproximadamente el 70% de anomalías y problemas asociados a sistemas distribución de potencia son directa o indirectamente relacionados a temas de

conexiones y puestas a tierra. A pesar de esto, el sistema de puesta a tierra es uno de los componentes del cableado estructurado más obviados en la instalación.

El estándar que describe el sistema de puesta a tierra para las redes de telecomunicaciones es ANSI/TIA/EIA-607. El propósito principal es crear un camino adecuado y con capacidad suficiente para dirigir las corrientes eléctricas y voltajes pasajeros hacia la tierra. Estas trayectorias a tierra son más cortas de menor impedancia que las del edificio.

A continuación se explicarán términos básicos para entender un sistema de puesta a tierra en general:

- Puesta a tierra (*grounding*): Es la conexión entre un equipo o circuito eléctrico y la tierra
- Conexión equipotencial a tierra (*bonding*): Es la conexión permanente de partes metálicas para formar una trayectoria conductora eléctrica que asegura la continuidad eléctrica y la capacidad de conducir de manera segura cualquier corriente que le sea impuesta.
- Conductor de enlace equipotencial para telecomunicaciones (BCT, *Bonding Conductor Terminal*): Es un conductor de cobre aislado que interconecta el sistema de puesta a tierra de telecomunicaciones al sistema de puesta a tierra del edificio. Por lo tanto une el TMGB con la puesta a tierra del sistema de alimentación. Debe ser dimensionado al menos de la misma sección que el conductor principal de enlace de telecomunicaciones (TBB, *Telecommunications Bonding Backbone*). No debe llevarse en conductos metálicos.
- Barra de tierra principal de telecomunicaciones (TMGB, *Telecommunications Main Grounding Backbone*): Es una barra que sirve como una extensión dedicada del sistema de electrodos de tierra (pozo a tierra) del edificio para la infraestructura de telecomunicaciones. (Heredia,

2001). Todas las puestas a tierra de telecomunicaciones se originan en él, es decir que sirve como conexión central de todos los TBB's del edificio.

Consideraciones del diseño:

- Usualmente se instala una por edificio.
 - Generalmente está ubicada en el cuarto de entrada de servicios en el cuarto de equipos, en cualquiera de los casos se tiene que tratar de que el BCT sea lo más corto y recto posible.
 - Montada en la parte superior del tablero o caja.
 - Aislada del soporte mediante aisladores poliméricos (50 mm. mínimo)
 - Hecha de cobre y sus dimensiones mínimas 6 mm. de espesor y 100 mm. de ancho. Su longitud puede variar, de acuerdo a la cantidad de cables que deban conectarse a ella y de las futuras conexiones que tendrá.
- Barra de tierra para telecomunicaciones (TGB, *Telecommunications Grounding Busbar*): Es la barra de tierra ubicada en el cuarto de telecomunicaciones o de equipos que sirve de punto central de conexión de tierra de los equipos de la sala. Consideraciones del diseño:
- Cada equipo o gabinete ubicado en dicha sala debe tener su TGB montada en la parte superior trasera.
 - El conductor que une el TGB con el TBB debe ser cable 6 AWG.
 - Además se debe procurar que este tramo sea lo más recto y corto posible.
 - Hecha de cobre y sus dimensiones mínimas 6 mm. de espesor y 50 mm. de ancho. Su longitud puede variar, de acuerdo a la cantidad de cables que deban conectarse a ella y de las futuras conexiones que tendrá.
 - Aislada mediante aisladores poliméricos (h=50 mm mínimo)
- Conductor central de enlace equipotencial de Telecomunicaciones (TBB): Es un conductor aislado de cobre utilizado para conectar todos los TGB's al TMGB. Su principal función es la de reducir o equalizar todas las diferencias

de potencial de todos los sistemas de telecomunicaciones enlazados a él.
Consideraciones del diseño:

Longitud del TBB (m)	Calibre (AWG)
Menor a 4	6
4 - 6	4
6 - 8	3
8 - 10	2
10 - 13	1
13 - 16	1/0
16 - 20	2/0
Mayor a 20	3/0

Tabla 1.2 Dimensionamiento del TBB

Fuente: www.geocities.ws/yagniri/teg/anexo3.doc

- Se permite varios TBB's dependiendo del tamaño del edificio.
- Su calibre debe ser mínimo 6 AWG y máximo 3/0 AWG, por lo tanto se deberá usar un conductor de cobre aislado cuya sección acepte estas medidas.
- El estándar ha establecido una tabla para diseñar este conductor de acuerdo a su distancia.
- Deben evitarse empalmes, pero sí de todas maneras existen estos deben estar ubicados en algún espacio de telecomunicaciones.

Es importante mencionar que los conectores usados en la TMGB y los usados en la conexión entre el TBB y el TGB, deberán ser de compresión de dos perforaciones. Mientras que la conexión de conductores para unir equipos de telecomunicaciones a la TMGB o TGB pueden ser conectores de compresión por tornillo de una perforación, aunque no es lo más recomendable debido a que pueden aflojarse por cualquier movimiento.

Todos los elementos metálicos que no lleven corriente en el sistema de cableado estructurado deberán ser aterrados, como por ejemplo bastidores (*racks*),

bandejas o *conduits*. Por último, cualquier doblez que se tenga que realizar a los cables no debe ser mayor a 2,54 cm.

1.5 El electrodo en sistemas de tierra

Existe como elemento principal el electrodo o varilla que puede ser de cobre u otro tipo de aleación que permite descargar de manera rápida alguna variación de voltaje. Se describe diversos tipos de electrodos para un SPT.

Cuando se instalan electrodos de tierra, se deben satisfacer tres condiciones:

1. El trabajo debe realizarse eficiente para minimizar costos de instalación.
2. El terreno o material de relleno usado no debe tener un índice de acidez pH que cause corrosión al electrodo.
3. Todas las uniones o conexiones bajo tierra deben ser construidas de modo que no se presente corrosión en la unión o conexión.

El método de instalación, relleno y conexiones dependerá del tipo de sistema de electrodos que se usará y de las condiciones del terreno.

1.5.1 Barras

Generalmente la instalación de electrodos del tipo barras es la más conveniente y económica. Los métodos de instalación incluyen accionamiento manual, accionamiento mecánico y perforación.

Las barras cortas (típicamente hasta 3 metros de largo) se instalan a menudo empleando un martillo pesado (combo) operado manualmente. Las barras están acondicionadas con una cabeza endurecida y una punta de acero para asegurar que la barra misma no se dañe durante el proceso.

En el caso de la caseta tendrá una barra de 1,5 metros de largo, para barras más largas se emplea un martillo neumático, cuando se requiere barras más profundas o en condiciones de suelo difícil donde hay roca subyacente, la forma

más efectiva es taladrar una perforación estrecha en la cual se instala el electrodo de barra con material de relleno adecuado.

1.5.2 Planchas

Las planchas requieren mayor excavación manual o mecánica y, por lo tanto, el costo de instalación puede muy alto, se instalan normalmente en un plano vertical, desde aproximadamente 0,5 metros bajo la superficie debido al elevado costo de instalación, hoy día rara vez se justifica usar planchas, y las existentes, cuando se detecta deterioro, son reemplazadas normalmente por una agrupación de barras.

1.5.3 Electrodo horizontales

Pueden ser instalados en surcos directamente en el terreno o más frecuentemente en zanjas de hasta un metro de profundidad. Lo habitual es entre 60 - 80 centímetros y más si es necesario pasar bajo nivel de cultivo o de escarcha, en zonas heladas.

Una buena oportunidad de instalación es tender el conductor durante las excavaciones para obras civiles, previniendo daño o robo del conductor, una vez tendido.

1.5.4 Conexiones

Las conexiones entre los diferentes componentes deben ser mecánicamente robustas, tener buena resistencia a la corrosión y baja resistividad eléctrica. Es prudente evitar uniones y conexiones innecesarias.

Debe considerarse la duración y el valor de corriente de falla que se espera que soporte el sistema de tierra. Los métodos de unión empleados incluyen métodos mecánicos, soldadura en fuerte (bronceado), soldadura exotérmica y soldadura por fusión autógena.

➤ Conexiones mecánicas

Las de uso más frecuente son la conexión apernada (en el caso de cintas o barras de sección rectangular) y la conexión por compresión (abrazadera). Es esencial una conexión eléctrica de baja resistencia. En las conexiones apernadas, debe tenerse cuidado con el tamaño de las perforaciones taladradas para acomodar el perno, para no perjudicar la capacidad de transporte de corriente de la cinta o barra.

El diámetro de esta perforación no debe ser superior a un tercio del ancho de la cinta o barra. Cuando se apernan metales diferentes (por ejemplo cintas de cobre y aluminio), las superficies deben ser minuciosamente limpiadas y protegidas por un inhibidor de óxido.

Una vez hecha la conexión, el exterior debe ser recubierto por pintura bituminosa u otro medio para proteger contra el ingreso de humedad. Cuando se une cobre y aluminio, el cobre primero debe ser estañado, estas conexiones no pueden ser enterradas.

Para unir distintos tipos de conductores, por ejemplo barras de tierra a cinta o cable, se dispone de abrazaderas apropiadas. El método de unión por remache no es aceptable, pues los remaches se sueltan y rompen por vibración, oxidación, etc.

➤ Conexiones en bronce

La conexión bronceada se aplica ampliamente al cobre y a aleaciones de cobre. Es esencial disponer las superficies planas limpias pues los materiales de bronceado no fluyen como la soldadura. Es fundamental además una buena fuente, de calor, particularmente para conectores grandes. La técnica emplea alta temperatura y bronce como material de relleno, que es el que más se ajusta al cobre.

➤ Uniones exotérmicas

Estas uniones se realizan mediante un molde de grafito que se diseña para ajustar el tipo específico de unión y el tamaño de los conductores. Usando una pistola con pedernal se enciende una mezcla de polvos de aluminio y de óxido de cobre y la reacción que se crea forma una unión de cobre virtualmente puro entorno a los conductores.

1.5.5 El conductor o cable

Se establece que una sola varilla o electrodo de 3 metros debe ser enterrada y allí conectarse con las puestas de tierra del rack que este dentro de la caseta y este sistema a su vez debe conectarse al sistema de aterrizamiento de la torre de comunicaciones.

El conductor de las varillas disponibles del sistema de puesta a tierra del proyecto puede llevarse sin ningún empalme y es dimensionado según el mayor calibre requerido para todas las varillas. El cable verificando en normas internacionales debe ser 2/0 AWG, cuyo diámetro es de 6,54 mm, y capacidad hasta 96 A (Enríquez, 2005).



Figura 1.15 Cable 2.0 AWG

Fuente:<http://www.lyncolatam.com/Documentos/FUNDAMENTOS%20DE%20PUESTA%20A%20TIERRA.pdf>

Es un cable con muchos hilos de cobre y debe ser soldado exotérmicamente para poder asegurar su contacto y continuidad en el sistema de conexión.

1.6 Esquemas hipotéticos de sistema de tierra

Se pone a continuación esquemas de SPT propuesto por el estándar internacional a utilizar será el NFC 17 102 de Francia y UNE 21 186 de España, que indican una resistencia eléctrica de 10Ω para descargas de sistemas de pararrayos; y una resistencia eléctrica de 5Ω para equipo electrónico sensible como son: sistemas de telecomunicaciones.

Previa a la instalación del SPT en cada sitio se realizará una medición de la resistividad del terreno para conocer el tipo de suelo y su impedancia; el valor obtenido permitirá definir el tipo de malla de tierra (triangular, horizontal o una varilla) a ser instalado data centers, cuartos y casetas. Este subcapítulo cumple el desarrollo del primer objetivo específico.

Para seleccionar un método de sistema de tierra a cuartos y/o casetas de equipos de telecomunicaciones se ha definido tres diseños de que permitan cumplir los estándares internacionales para la seguridad primero de las personas y luego de los equipos.

El de tipo malla es empleado cuando la resistividad del terreno está por encima de 70 ohmios-centímetro, es un diseño que forma un triángulo de 3 metros por 3 metros. Ver figura 1.16.

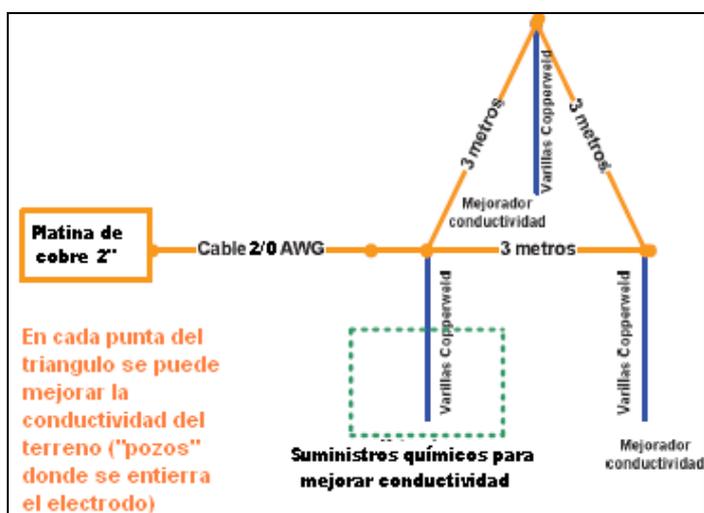


Figura 1.16 Diseño de Sistema a Tierra (malla triangular)
Fuente: bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2372/1/CD-3105.pdf

Aparte se debe mejorar la conductividad del suelo con algún tipo de agente químico (polvo o líquido) y debe estar enterrado cada electrodo en pequeños pozos de hormigón y en él se obliga, a regarse el mejorador de conductividad, y medirse la resistividad del suelo hasta alcanzar un margen entre los 10Ω -m, se utiliza además soldadura exotérmica.

En todos los sistemas se tendrá básicamente los siguientes componentes:

- Varillas copperweld de 1,80 x 5/8.
- Insumos químicos para mejorar conductividad del terreno.
- Suelda cadwell (exotérmica).
- Cable desnudo número 2/0 AWG.
- Una bornera de tierra (platina de cobre perforada) para los cuartos de equipos.

El SPT de malla horizontal, es utilizado para casos en que la resistividad del terreno llega a los 30Ω -m, se puede formar un SPT con dos electrodos, así también se deben, construir 2 pequeños pozos y mejorar la conductividad, finalmente se deben enterrar dos electrodos conectados y soldados exotérmicamente, tal como muestra la figura 1.17.

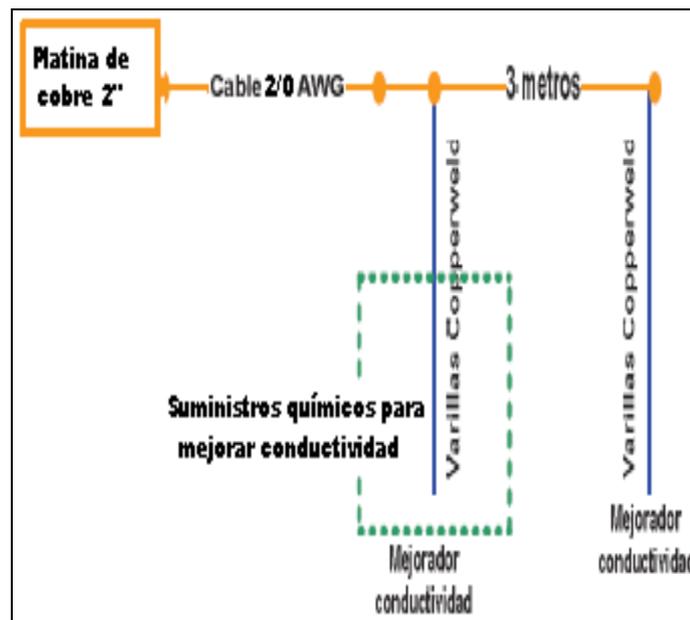


Figura 1.17 Diseño de Sistema a Tierra (malla horizontal)

Fuente: bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2372/1/CD-3105.pdf

El método básico es con un solo electrodo y es ideal en terrenos con resistividad menor a $10\Omega\cdot m$. El esquema de conexión se aprecia en la figura 1.18. Hay que decir que existen otros arreglos de 4 y 8 electrodos conectados en simetría, estos métodos son costosos y poco ayudan a reducir la resistividad.

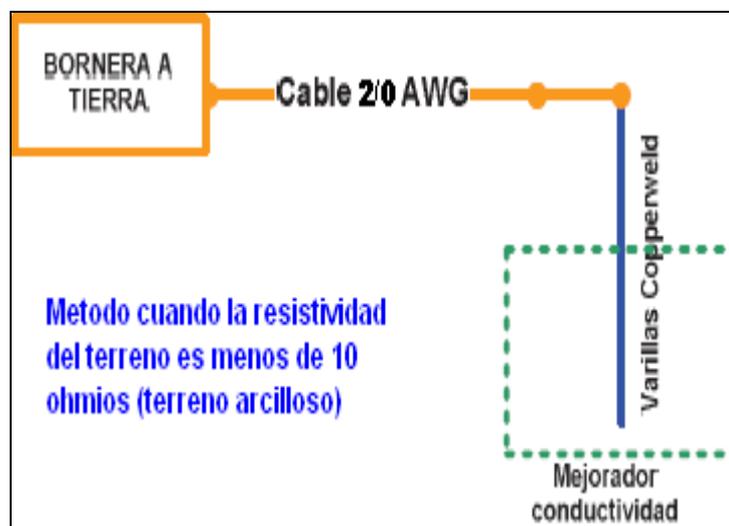


Figura 1.18 Diseño de Sistema a Tierra (una varilla)
 Fuente: bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2372/1/CD-3105.pdf

Según autores, los electrodos conectados en serie tienden a minimizar la resistividad, se puede apreciar la tabla 1.3.

Número de electrodos	Valor original	El valor original se reduce al:
Un solo electrodo	100%	
Dos electrodos en línea		55%
Tres electrodos en línea		38%
Tres electrodos en triángulo		35%
Cuatro electrodos en simetría		28%
Ocho electrodos en simetría		16%

Tabla 1.3 Porcentaje de reducción del valor resistivo en función del tipo de configuración
 Fuente: <http://www.scribd.com/doc/50598365/Puesta-a-Tierra>

CAPITULO 2

SELECCIÓN DE MÉTODO PARA ATERRIZAR UN CUARTO DE EQUIPOS

Antes de seleccionar el método que corresponde para una caseta en la finca Limoncito, se debe primeramente hacer las mediciones de la resistividad del terreno. Posterior a eso queda planteado este estudio y el diseño (capítulo 3) para cuando se pueda construir, se empleé el método de electrodos adecuado.

2.1 Análisis de resistividad del terreno en Limoncito

Este es el primer paso, medir la resistividad del terreno (Limoncito) y en especial del lugar final donde se reubicó la torre de telecomunicaciones, la resistividad del terreno se define como la resistencia que presenta 1 m³ de tierra.

En la inspección del lugar se nota que, el lugar es un área irregular con desniveles pronunciados, junto a la torre debe a futuro construirse la caseta y se espera que tome este trabajo como referencia para su obra.

En la tabla 2.1 se muestran datos del terreno de Limoncito.

Longitud Oeste	79° 53' 00"	Precipitación media anual	807,87mm
Latitud Sur	02° 09' 12"	Temperatura media anual	25°C
Altitud	40 msnm	Humedad relativa media anual	75%
Suelo	Arcilloso	Ph	6.4

Tabla 2.1 Datos del terreno de la finca Limoncito
Fuente: Resultados Ing. Angel Llerena UCSG

La finca es de la UCSG, la administra la Facultad Técnica para el Desarrollo (FTD), está ubicada en el Km. 49 vía a la costa, provincia de Santa Elena, revisando la información del terreno, se conoce, que el suelo es arcilloso, ahora se procede a calcular con formulas la resistividad del terreno, así también este puede ser medido con la ayuda de instrumento llamado telurómetro.

2.2 Método 4 electrodos para medir resistividad

Este método es más efectivo para medir la resistividad de los terrenos, aunque existen otros métodos, como caída de potencial, de 3 electrodos o triangulación etc., Una ilustración en qué consiste este método se lo aprecia en la figura 2.1.

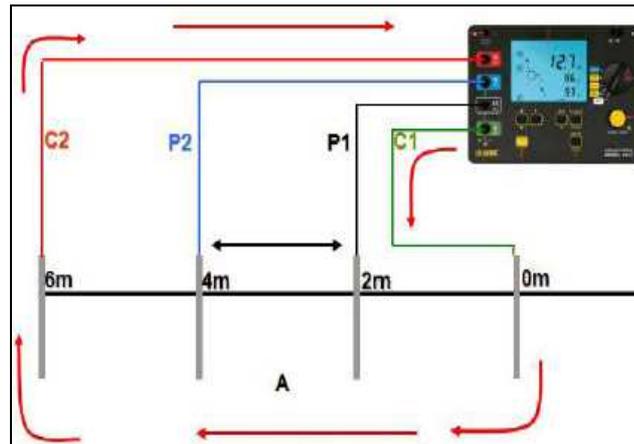


Figura 2.1 Método de 4 electrodos o Wenner

Fuente: <http://www.lyncolelatam.com/Documentos/FUNDAMENTOS%20DE%20PUESTA%20A%20TIERRA.pdf>

Se observa esquemáticamente la disposición de los electrodos, en donde la corriente se inyecta a través de los electrodos exteriores y el potencial se mide a través de los electrodos interiores. La resistividad aparente está dada por la siguiente expresión:

$$\rho := \frac{4 \cdot \pi \cdot A \cdot R}{\left[1 + \frac{2 \cdot A}{(A^2 + 4 \cdot B^2)^{0.5}} \right] - \frac{2 \cdot A}{(4 \cdot A^2 + 4 \cdot B^2)^{0.5}}}$$

Donde

ρ : Resistividad promedio a la profundidad (A) en ohm-m

A : Distancia entre electrodos en metros.

B : Profundidad de enterrado de los electrodos en metros

R : Lectura del terrómetro en ohms.

Si la distancia enterrada (B) es pequeña comparada con la distancia de separación entre electrodos (A). O sea $A > 20B$, la siguiente fórmula es para calcular la resistividad equivalente, esto quiere decir que luego debe relacionarse con otro coeficiente para hallar definitivamente la resistividad, hay que decir que el teluometro muestra directamente el resultado en $\Omega\cdot m$.

Fórmula Aplicada:

$$\rho_{eq.} = \frac{F_n}{\frac{F_1}{\rho_1} + \frac{F_2 - F_1}{\rho_2} + \frac{F_3 - F_2}{\rho_3}}$$

Donde n es el número de estratos, con esta fórmula se determina F_i como un valor estadístico y queda determinado por:

$$F_i = \sqrt{1 - \frac{V_1^2}{R_o^2}}$$

Por otra parte tenemos que:

$$V_i^2 = \frac{1}{2} \times \left[q^2 + h_i^2 + R_o^2 - \sqrt{(q^2 + h_i^2 + R_o^2)^2 - 4 \times q^2 \times R_o^2} \right]$$

Donde: $q^2 = 2 \times r \times (r+b)$; $R_o^2 = r^2 - b^2$, para:

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

r corresponde al radio equivalente de la malla en metros y S la superficie de la malla en m^2 por lo tanto en el desarrollo de la fórmula tenemos que:

$$r = \sqrt{\frac{25}{\pi}} = 2.82$$

2.2.1 Cálculos según método 4 electrodos para calcular resistividad

Con estos datos se procede a determinar los valores de las profundidades de los estratos:

$$\begin{aligned} h_1^2 &= (E_1)^2 = 1 \text{ mtrs} \\ h_2^2 &= (E_1+E_2)^2 = 9 \text{ mtrs} \\ h_3^2 &= (E_1+E_2+E_3)^2 = 36 \text{ mtrs} \end{aligned}$$

Los valores de profundidad son antecedentes necesarios para determinar las variables V_1^2 ; V_2^2 ; V_3^2 , de acuerdo a la expresión:

$$V_i^2 = \frac{1}{2} \times \left[q^2 + h_i^2 + R_o^2 - \sqrt{(q^2 + h_i^2 + R_o^2)^2 - 4 \times q^2 \times R_o^2} \right]$$

Se obtiene que:

$$V_1^2 = 0,68867 R_o^2$$

$$V_2^2 = 0,295239$$

$$V_3^2 = 0,093447$$

$$V_1^2 < R_o^2$$

El valor de la Variable V_1^2 siempre será menor que la resistencia aparente para que la resistividad equivalente del terreno quede expresada de la forma:

$$\rho_{eq} = 635 \Omega\text{-metr}$$

2.2.2 Resultado de la medición con el instrumento

Se realiza el esquema de la figura 2.1, una vez establecido el cálculo de la resistividad del terreno, podemos mediante la aplicación de un telurómetro medir la resistividad del terreno. Se necesitarán 4 puntas metálicas (pueden ser electrodos) que serán enterradas a una distancia proporcional de separación de 2 metros.

Luego se ponen “lagartos” con cables y estos cables van a la entrada del medidor de resistividad (telurómetro). Con las cuatro puntas de metal ubicados en contacto con la tierra en una línea recta espaciados de manera equitativa, una corriente constante es entonces inyectada a través de la tierra por medio del telurómetro (instrumento para medir resistividad) y otros dos electrodos exteriores, etiquetados C1 y C2.

La caída de potencial se mide a través de los dos electrodos interiores, etiquetados P1 y P2. El instrumento provee una lectura directa de la resistividad en ohm-metros. La resistividad calculada es la resistividad del suelo entre la superficie del suelo y la profundidad equitativa al espaciamiento de la punta.

La resistividad del suelo es una constante proporcional que relaciona la resistencia de un sistema de tierra a la longitud del trayecto conductor y su área transversal. Es imprescindible medir la resistividad del suelo como parte del proceso de diseño. La resistividad puede variar mucho en diferentes tipos de suelo. Ver figura 2.2



Figura 2.2 Medición con método Wenner en suelo Limoncito igual a 6.19Ω
Fuente: Mediciones con telurómetro alquilado proyecto Ríos-Sánchez

Una vez conectados los 4 electrodos al telurómetro, este registró aproximadamente $6,19 \Omega$, estas mediciones se realizaron hasta por 3 ocasiones, en una medición la distancia entre electrodos era de 2 metros, en otra medición cada electrodo estaba separado a cada metro de distancia y en esas mediciones, el resultado fluctuaba entre $6,20$ y $6,22 \Omega\text{-m}$, este es buen resultado, es menor a $10\Omega\text{-m}$.



Figura 2.3 Medición de resistividad en sitio para cuarto de comunicaciones
Fuente: Mediciones con telurómetro alquilado proyecto Ríos-Sánchez

Una vez establecido la resistividad del terreno para la caseta o cuarto de equipos, se puede construirla caseta y luego realizar o implementar un sistema de puesta a tierra, para ello, se necesitan electrodos de tierra, los cuales existen de muchos tipos, algunos mejores que otros en ciertas características como el costo, entre otras.

Comparando estos dos resultados (Calculado: $6.351 \Omega\text{-m}$; medido: $6.20 \Omega\text{-m}$), vemos que la variación es mínima, hay que tomar en cuenta que los instrumentos, de acuerdo a su fabricante tienen márgenes de mayor o menor precisión en las mediciones.

En el siguiente capítulo se diseña una caseta para los quipos electrónicos que están instalados en la finca Limoncito.

CAPITULO 3

DISEÑO DE UN CUARTO DE TELECOMUNICACIONES PARA LA FINCA LIMONCITO

Como se mencionó en el antecedente es importante estudiar el lugar idóneo, ya que el tendido de alta tensión que atravesará la finca limoncito no deberá alterar sus sistemas de comunicaciones. La torre es de 24 metros de altura y la franja de servidumbre (por paso de líneas AT) es de 30 metros a cada lado para realizar algún tipo de obra o sembrío etc.

3.1 Criterios del diseño

Los criterios técnicos para las dimensiones de la caseta o cuarto de equipos, está basado en normas que recomienda que si va a conectar 10 computadores, el área debe ser igual a 10 m², bajo esta premisa, la obra es una caseta.

En la finca se construyeron 3 aulas, poniendo una computadora en cada aula y mas adelante que construya 6 aulas mas, logramos un total de 10 computadores que necesitan un switch, de 24 puertos. Un rack de 2 bandejas, etc.

No se contemplan poner cálculos matemáticos para dimensionar la infraestructura de obra civil, más bien por medio de programas de diseño CAD, se realizará un diseño poniendo las medidas del cuarto de 3.0 x 3.0 x 2.5, que dichas dimensiones nos da una superficie de 10m².

Para la caseta de equipos, se toman en cuenta las normas del estándar EIA/TIA 569. El primer paso es.

➤ Selección del Sitio

El sitio para la edificación de la caseta de equipos debe tener fácil acceso, este libre de obstáculos, así es posible supervisar cualquier emergencia que se presentase.

➤ El tamaño

El cuarto de equipos debe tener un tamaño suficiente para satisfacer los requerimientos de los equipos. Para definir el tamaño debe tener en cuenta tanto los requerimientos actuales, como los proyectos futuros.

Cuando las especificaciones de tamaño de los equipos no son conocidas se deben tener en cuenta; la guía para voz y datos. Esto consiste en proveer 0.07 m² de espacio en el cuarto por cada 10m² de una estación de trabajo, esto es una computadora de escritorio. El cuarto de equipos debe ser diseñado para un mínimo de 14m². Véase el diseño en la figura 3.1

Basándose en el número de estaciones de trabajo, el tamaño del cuarto debe ser según la siguiente tabla 3.1:

Número de estaciones de trabajo	Area en m ²
Hasta 100	14
Desde 101 hasta 400	37
Desde 401 hasta 800	74
Desde 801 hasta 1200	111

Tabla 3.1 Áreas de tamaño del cuarto según número de computadores

Fuente: <http://www.incelcom.com/servicios.html>

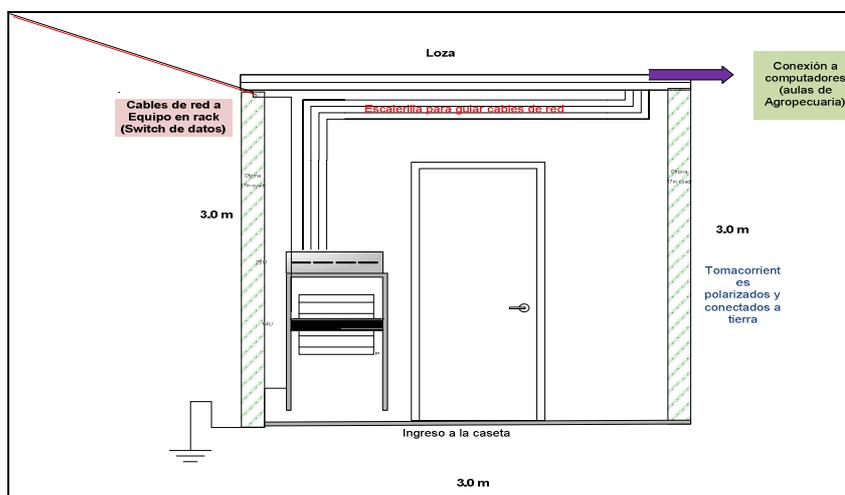


Figura 3.1 Diseño de una caseta para torre de telecomunicaciones en Limoncito

Fuente: Diseño Barrezuela-Choez 2012

➤ Provisionamiento

La altura mínima de un cuarto de equipos debe ser de 2.44 metros sin obstrucciones. El cuarto de equipos debe estar protegido de contaminación y polución que pueda afectar la operación y el material de los equipos instalados.

El cuarto de equipos debe estar llevando sus cables de red de forma inalámbrica (recomendable) y si es cableada debe ponerse un repetidor o switch a la mitad del trayecto (130 metros), es decir a los 65 metros de distancia de la caseta de equipos puede instalarse un mástil y allí en la parte alta colocar una caja hermética y una vez conectado el equipo de repetición debe continuar hasta llegar a las aulas de Agropecuaria.

- Sobre los Rack y gabinetes, la administración de los cables comienza con los racks y gabinetes, que deben brindar un amplio control de cables horizontales y verticales. Una administración adecuada no sólo mantiene el cableado organizado, sino que también mantiene los equipos frescos al eliminar los obstáculos que impiden el movimiento del aire.

Estas características de los administradores de cables deben proteger los cables, asegurar de que no se excedan los límites del radio de curvatura y manejar la holgura de los cables con eficacia. Conviene hacer algunos cálculos para asegurarse de que el rack o gabinete brinden la capacidad adecuada para manejar los cables.

Debajo se muestra la fórmula para UTP categoría 6. El último cálculo (multiplicar por 1.3) se hace para garantizar que el sistema de administración de cables no supere el 70% de capacidad.

Fórmula: cables x 0.0625 pulgadas² (diámetro del cable) x 1.30 = necesidad de manejo de cable.

Ejemplo: 350 cables x 0.0625 x 1.30 = 28.44 pulgadas² (administrador de cable mínimo de 6" x 6" o 4" x 8").

- Sistemas de tendido de cable, una clave para lograr un tendido de cables óptimo es tener extensas trayectorias de cables superiores y por debajo de piso. Se puede usar el trayecto por debajo de piso para el cableado permanente y el trayecto superior para el cableado temporal.

Se debe separar la fibra de los cables UTP y coaxiales para garantizar que el peso de los otros cables no aplasta a la fibra que es más frágil. En el diseño de la caseta se recomienda la escalerilla metálica, que forme una “u” para que solo por allí se tienda el cable de red. Cables de fibra óptica deben ir encima de los cables de red.

➤ Equipos de Ventilación y Aire Acondicionado

Los equipos deben ser alimentados para funcionar 24 horas por día y 365 días por año. Si los equipos como es el caso de la finca Limoncito no son más que dos (switch y regulador de voltaje) no es necesario instalar un aire acondicionado, si a futuro se instalan dentro del cuarto al menos un servidor, varios switches.

Se debe también estudiar la potencia disipada de los equipos en la caseta o cuarto para un backup o respaldo de energía eléctrica (recomendable), banco de baterías, climatización, en el subcapítulo 4.4 se realizan cálculos presupuestando ciertos equipos para escoger la capacidad de un aire acondicionado para la caseta.

La temperatura y la humedad deben ser controladas entre unos rangos de 18 C° a 24 C°, con una humedad del 30% al 55%. Equipos de humidificación y des-humedificación pueden ser requeridos dependiendo de las condiciones ambientales del lugar. La temperatura ambiente y la humedad deben ser medidas a una distancia de 1.5 metros sobre el nivel del piso y después de que los equipos estén en operación.

➤ Acabados Interiores

El piso, las paredes y el techo deben ser sellados (enlucidos) para reducir el polvo. Los acabados deben ser de colores luminosos (color de la pintura) para

aumentar la iluminación del cuarto. El material del piso debe tener propiedades antiestáticas.

➤ Energía

Se debe instalar un circuito separado para suplir de energía al cuarto de equipos y debe terminar en su propio panel eléctrico. La energía eléctrica que llegue al cuarto no se especifica ya que depende de los equipos instalados. En la caseta la energía es 110 VAC.

➤ Iluminación

La iluminación debe tener un mínimo de 540 lux, medida 1 metro sobre el piso en un lugar libre de equipos. La iluminación debe ser controlada por uno o más switches, localizados cerca de la puerta de entrada al cuarto. En la caseta debe ponerse 2 lámparas de 40W.

➤ Puerta

La puerta debe tener un mínimo de 910 mm de ancho y 2.000 mm de alto y contener una cerradura. Si se estima que van a llegar equipos muy grandes, se debe instalar una puerta doble de 1.820 mm de ancho por 2.280 mm de alto.

3.2 Representación del cuarto de Telecomunicaciones en Limoncito

En la figura 3.2, se observa la vista superior del cuarto, en ella se puede apreciar las escalerillas metálicas, que sirve para que el cable de red este alzado, este debe estar sujetado con amarras.

El diseño contempla que se construya con loza la caseta de equipos para Limoncito. Tendrá 3 tomacorrientes conectados al sistema de tierra escogido para la caseta (electrodo copperweld enterrado), dos lámparas fluorescentes de 40 vatios, un rack o bastidor de dos bandejas, un breaker.

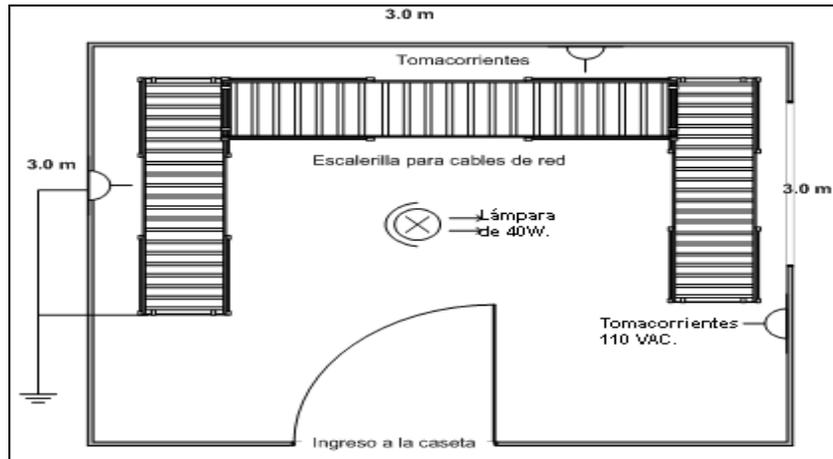


Figura 3.2 Vista superior del cuarto de Telecomunicaciones en Limoncito
Fuente: Diseño Barrezueta-Choez 2012

Consumo de Potencia en cuarto: Estado Actual= 75 W.

El cuarto puede ser del tamaño 3 x 3 x 2.5 y hoy cuenta con los siguientes equipos. Ver tabla 3.2.

Equipos	Cantidad Max. Potencia (W)	Cantidad	Subtotal
Switch Tp-Link 12 puertos	40	1	40
Regulador De voltaje	30	1	35

Tabla 3.2 Consumo de equipos que están conectados las 24 horas del día en la finca Limoncito

Fuente: Diseño Barrezueta-Choez

Dimensionar los equipos es un aspecto técnico importante, ya que un determinado consumo, obliga a escoger un equipo de respaldo de energía. Y para el dimensionamiento del banco de baterías del inversor (componente de un sistema Backup), se tomará en cuenta la potencia total de consumo en la caseta, es decir, sus equipos de transmisión y de pruebas.

Por lo tanto, cuando no hay servicio de energía eléctrica, la corriente necesaria para la caseta se verá respaldada por la hora que se estime conveniente.

Esta fuera del alcance de este trabajo realizar cálculo de sistema de backup. Esta dentro del alcance realizar cálculos para la propuesta de sistema de climatización.

Equipos	Cantidad Max. Potencia (W)	Cantidad	Subtotal
Switch Tp-Link 24 puertos	40	2	80
Servidor 1TB Sistema video vigilancia	65	1	65
Grabador Digital Video	40	1	40
Radio base de 2 vías	70	1	70
Regulador De voltaje	30	1	35
Lámparas (promedio al día)	40	2	80

Tabla 3.3 Propuesta de equipos
Fuente: Diseño Barrezueta-Choez

Dimensionamiento de equipos según tabla 3.3, muestran un consumo de 370 W. el análisis de la tabla 3.3 permite escoger un backup de 400W para bastecer a los equipos propuestos en caso de corte de energía, y el respaldo en horas es proporcionado por un banco de baterías.

3.3 Cálculo para la climatización del cuarto de equipos

Se desarrollan los cálculos necesarios para la propuesta de un aire acondicionado en la caseta, este es el cuarto objetivo específico, como se definió antes no está dentro de los objetivos dotar de climatización a la caseta, los equipos que tendrá la caseta consume el vatiaje necesario para que tenga climatización. Los cálculos se hacen en base a datos y considerando que dos personas pueden estar dentro de la caseta, así como el consumo de las lámparas de iluminación como del vatiaje de disipación de los equipos. La unidad de medida es el BTU/hora. Ver figura 3.3

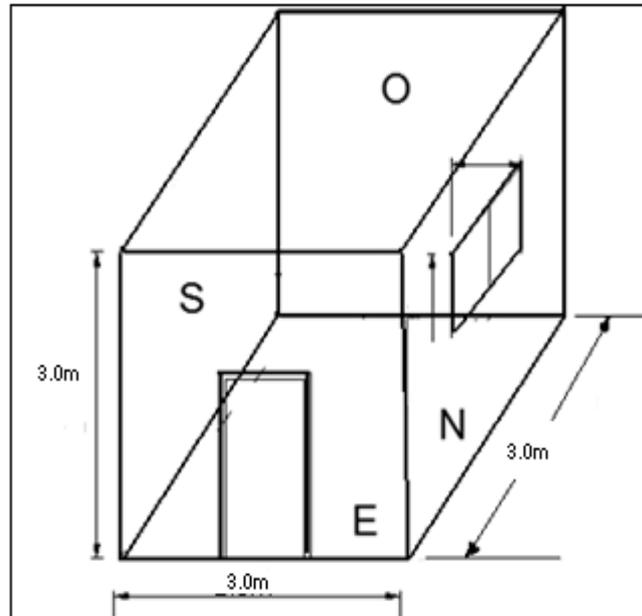


Figura 3.3 Cálculos para propuesta de climatización
Fuente: Diseño Barrezueta-Choez 2012

Datos:

Equipos electrónicos: 1200W

Fluorescente: 40W+5W-balastro

Techo: aislado del sol

Personas: 2

Ventilación: 15m³/h

Ventana Norte: $0,80\text{m}^2 \cdot (10,7\text{pie}^2/\text{m}^2) = 8.56\text{pie}^2 \cdot 40 = 342.4 \text{ BTU/h}$

Pared Sur: $7\text{m}^2 \cdot (10,7\text{pie}^2/\text{m}^2) = 74.9\text{pie}^2 \cdot 8 = 599.2 \text{ BTU/h}$

Pared Este: $6\text{m}^2 \cdot (10,7\text{pie}^2/\text{m}^2) = 63.5\text{pie}^2 \cdot 5 = 342.4 \text{ BTU/h}$

Pared Norte: $7\text{m}^2 \cdot (10,7\text{pie}^2/\text{m}^2) = 74.9\text{pie}^2 \cdot 5 = 374.5 \text{ BTU/h}$

Pared Oeste: $6\text{m}^2 \cdot (10,7\text{pie}^2/\text{m}^2) = 63.5\text{pie}^2 \cdot 8 = 428 \text{ BTU/h}$

Techo: $9\text{m}^2 \cdot (10,7\text{pie}^2/\text{m}^2) = 94.9\text{pie}^2 \cdot 8 = 599.2 \text{ BTU/h}$

Piso: $9\text{m}^2 \cdot (10,7\text{pie}^2/\text{m}^2) = 94.9\text{pie}^2 \cdot 3 = 224.7 \text{ BTU/h}$

Los datos indican que en la caseta con loza (techo aislante) más los equipos e iluminación con el vatiaje (W) definido, mas las dimensiones de cada pared de la caseta es posible calcular cantidad de energía que se requiere para elevar en 1° Fahrenheit la temperatura de una libra de agua en condiciones atmosféricas normales, conocido también como BTU-horas.

Se calcula con dos personas dentro del cuarto (ganancia del calor) y con ello se deduce de forma más puntual la capacidad del sistema de climatización. Valores de personas y del ambiente según tabla de (Rolle, 2006)

Personas:

$$2 * 500 \text{ (BTU/h)/persona} = 1000 \text{ BTU/h}$$

Electricidad:

Equipos Electrónicos: $1200\text{W} * 3.41 \text{ (BTU/h)/W} = 4092 \text{ BTU/h}$

Lámpara Fluorescente: $45\text{W} * 3.41 \text{ (BTU/h)/W} = 153.45 \text{ BTU/h}$

Ventilación:

$$2 * 15\text{m}^3/\text{h} = 30(\text{m}^3/\text{h}) * 35.3 \text{ (pie}^3/\text{m}^3) = 1059 \text{ (pie}^3/\text{h}) * 0.4 \text{ (BTU/pie}^3) = 423.6$$

BTU/h

$$\sum_{\text{BTU/h}} = (342.4 + 599.2 + 267.5 + 374.5 + 428 + 599.2 + 224.7 + 4092 + 153.45 + 423.6)$$

BTU/h

$$\sum_{\text{BTU/h}} = 9704.55 \text{ BTU/h}$$

Un aire acondicionado de 10 mil BTU puede abastecer la caseta en caso de que haya disipación de energía de más de 1500 vatios.

La figura 3.4 muestra la representación de cómo se vería la caseta de equipos para la torre de telecomunicaciones en Limoncito.

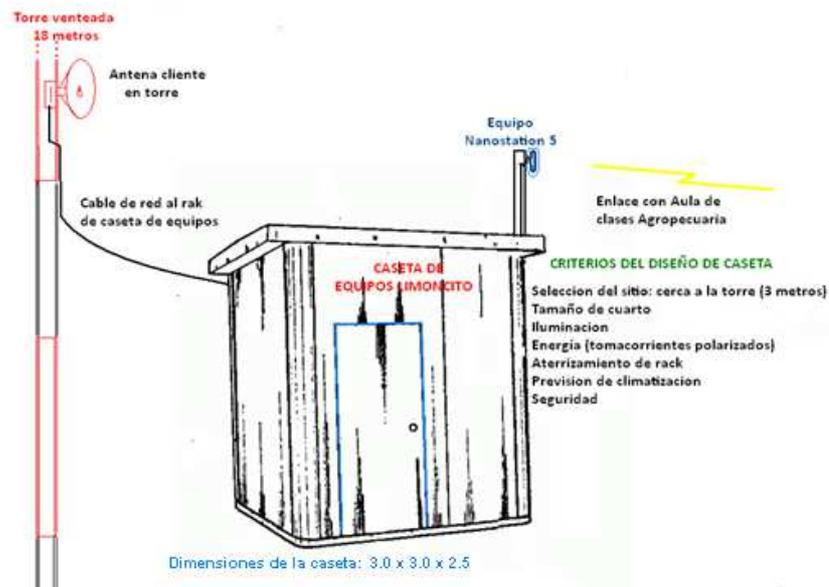


Figura 3.4 Representación de caseta de equipo para torre de comunicaciones en Limoncito

Fuente: Diseño Barrezueta-Choez

La figura 3.5 presenta una fotografía con fotomontaje, realizada de esta forma, para indicar donde se puede construir la caseta de equipos. El presupuesto estimado para la construcción del cuarto es de 2.180,00 (Ver Anexo 1).

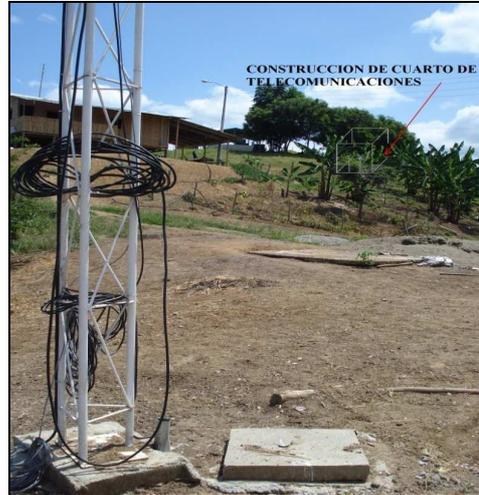


Figura 3.5 Lugar de construcción de la caseta para la torre de comunicaciones en Limoncito
Fuente: Finca Limoncito

CAPITULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Para el diseño del cuarto de telecomunicaciones, es necesario conocer dos factores que influyen para lograr un buen desempeño del mismo: Conocer los equipos que se instalaran dentro de él y la cantidad de computadoras a la que le debe dar conectividad.

El dimensionamiento o tamaño del cuarto, va de acuerdo a la cantidad de computadores que a futuro se instalarán en la finca Limoncito (hoy son 3 aulas), se ha dimensionado para 9 computadoras (si se construyese 6 aulas, más), en la actualidad solo hay un aula con un computador y en las otras dos aulas aun no se instala computadores.

Estudiar la resistividad del terreno es el esencial para escoger un método de aterrizamiento. Se calculó y se comparó con la medición de un instrumento la resistividad del suelo, por las características del suelo arcilloso de la finca Limoncito, favoreció su resistividad, aproximadamente $6,20 \Omega\text{-m}$.

El sistema de puesta a tierra, puede determinarse teóricamente, usando formulas matemáticas, como las del método de Wenner, este resultado teórico puede ser comparado con las mediciones de un equipo llamado telurómetro, los resultados calculados versus los medidos, tenía una variación del 1%.

Si la resistencia menor a $10 \Omega\text{-m}$ no es lograda, es necesario usar más varillas (electrodos), placas, tubos electrolíticos u otro arreglo. Para el cuarto de equipos se debe instalar una varilla o electrodo.

El propósito del sistema de conexiones a tierra es crear una trayectoria de baja impedancia a tierra para descargas eléctricas y voltajes transientes, ejemplos fallas de corriente, switcheo de circuitos (motores que se encienden y se apagan), y

descargas electrostáticas son las causas comunes de estos picos y voltajes transitorios.

Un sistema de conexión a tierra efectivo minimiza los efectos negativos de estos picos eléctricos. Validar con la hipótesis esto resulta verdadero, ya que en el sector de Limoncito continuamente hay cortes de energía eléctrica y cuando esta vuelve se queman electrodomésticos de las viviendas del lugar.

Todos los componentes metálicos que sean parte de la infraestructura de la caseta de equipos como el caso de Limoncito (como por ejemplo equipos, racks, escalerillas, bandejas para cable, etc.) deben estar unidos a un sistema de conexiones a tierra.

El cuarto de equipos mantendrá en orden las conexiones, protegido a los equipos por manipulación de personas no autorizadas etc.

Con la implementación del cuarto solo deben acceder personal autorizado, con el fin de que no se desconfigure equipos instalados dentro del mismo.

4.2 Recomendaciones

Se espera que se ejecute la construcción del cuarto de equipos, no se debe conectar las antenas (equipo receptor) de internet hasta el aula donde está la computadora pues por la distancia la señal se degrada, se atenúa.

Se recomienda que se construya la caseta, esta puede tener una área de 9m² con ella se puede dar conexión a 9 computadores en la finca Limoncito.

Se debe encargar que el sistema de tierra una vez que se lo implemente, debe tener mantenimiento, ser revisado cada año, que se verifique si no hay oxido o sulfataciones en las uniones con soldadura exotérmica.

Que el cable que conecta a la varilla de la caseta esté conectado con cable 2 AWG y este a su vez esté conectado a la placa de tierra que debe instalarse cuando se construya el cuarto.

Que el departamento de mantenimiento de la UCSG se haga cargo de las recomendaciones antes mencionadas.

Según los cálculos para climatización, y en base a datos de la energía térmica, y la transferencia de calor se ha obtenido la capacidad de 10.000 BTU's.

Para un buen desempeño del enlace de internet, se debe sugerir a Centro de Cómputo de la UCSG, monitoree siempre la señal y que dé soluciones cuando el problema no se presente en los equipos del enlace.

Se puede también sugerir que el mantenimiento lo realice personal técnico que puede ser externo, pues si se cae el enlace de internet ellos pueden acudir pronto y sugerir las soluciones si es por fallas de equipos.

Bibliografía

- Arregoces, M., & Portolani, M. (2004). *Data Center Fundamentals*. Indianápolis: Cisco Press.
- Blake, R. (2004). *Sistemas Electrónicos de Comunicaciones*. Mexico: Cengage Learning Editores.
- Calloni, J. C. (2003). *Mantenimiento eléctrico y mecánico para pequeñas y medianas empresas*. Buenos Aires: Nobuko.
- de la Vega, M. (2002). *Problemas de ingeniería de puesta a tierra*. Mexico: Limusa.
- Enríquez, G. (2005). *Fundamentos de instalaciones eléctricas de media y alta tensión*. México: Limusa.
- España, M. (2003). *Servicios avanzados de telecomunicación*. Madrid: Diaz de Santos.
- Fernández, R. (2008). *Manual de prevención de riesgos laborales para no iniciados*. Alicante: Club Universitario.
- Heredia, J. (2001). *Sistema de indicadores para la mejora y el control integrado de la calidad de los procesos*. Barcelona: Athenea.
- Huidrobo, J. (2006). *Redes y servicios de telecomunicaciones*. Madrid: Paraninfo.
- Kalpakjian, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Mexico: Prentice Hall.
- Kerlinger, F. (2002). *Investigación del comportamiento, Técnicas y metodologías*. México: McGraw Hill
- Lee, R., Cravalho, E., & Burke, J. (1992). *Electrical trauma: the pathophysiology, manifestations and clinical management*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ramirez, S. (2004). *Redes de Distribucion de Energia*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Rivera, J. (1999). Evaluación de Sistema SCADA/EMS para la implementacion de centros de control de empresas electricas. *Informacion Tecnologica*, 33-40.
- Rolle, K. (2006). *Termodinámica*. Wisconsin: Pearson Prentice Hall.

Manuales

ANSI/TIA/EIA-942. "Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers" TIA, 2005 ANSI/TIA/EIA-J-STD-607-A. "*Commercial Building Grounding (Earthing) and Bonding Requirements for Telecommunications*" TIA 2001

Documentos en la Web:

Wordwendang. (2005). *Sistema de puesta a tierra*. Revisado 12 de agosto del 2002. <http://www.wordwendang.com/en/>

Anexo 1: Presupuesto del Proyecto

El siguiente es el presupuesto que se gastaría si se realiza la construcción del cuarto de telecomunicaciones en la finca Limoncito.

Cant.	Detalle	Precio U.	Precio Total
1	CASETA DE HORMIGON DE 2.0 X 2.0 X 2.2 CON LOZA y puerta metálica INCLUYE MATERIALES Y MANO DE OBRA	\$ 1.580,00	\$ 1.580,00
2	INSTALACION TOMA CORRIENTE/CABLES	\$ 100,00	\$ 100,00
1	ATERRIZAMIENTO/ELECTRODO Y BARRA DE COBRE	\$ 200,00	\$ 200,00
1	VARIOS	\$ 100,00	\$ 200,00
		TOTAL	\$ 2.180,00

La obra civil más instalaciones de sistema tierra más gastos varios, que incluye transporte desde la ciudad hasta la finca de Limoncito, llega al costo total de 2.180 dólares.

Anexo 3:
Normas para aterrizar, edificios, Data Center y Cuartos de Equipos

Sistema de puesta a tierra: El sistema establece el esquema básico y los componentes necesarios para proporcionar protección tanto a los usuarios como a las infraestructuras del cuarto de telecomunicaciones, lo cual se logra con un sistema bien configurado e instalado.

Para lograr el objetivo del sistema de puesta a tierra se debe utilizar la norma de **TIA/EIA 607** la cual dispone el esquema básico y los componentes necesarios para proporcionar protección eléctrica a los usuarios e infraestructura de las telecomunicaciones y la norma argentina **IRAM 2184** en la cual se especifican las consideraciones para la instalación de la línea de pararrayos.

➤ Fases del sistema de puesta a tierra

Según la norma TIA/EIA 607, Los componentes básicos de aterrizamiento son:

- **TBB:** Telecommunications bonding backbone. Es un conductor de cobre usado para conectar la barra principal de tierra de telecomunicaciones (TMBG) con las barras de tierra de los armarios de telecomunicaciones y las salas de equipos (TBG). La función principal de la misma es reducir o igualar diferencias de potenciales entre los equipos de los armarios de telecomunicaciones. Este se debe diseñar de manera de minimizar las distancias. No se deben utilizar cañerías de agua como TBB y no se admiten empalmes.
- **TGB:** Telecommunications grounding busbar. Esta es la barra de tierra ubicada en la sala de equipos. Su función es de punto central de conexión de tierra de los equipos de la sala. Debe ser una barra de cobre con dimensiones mínimas establecidas y su longitud puede variar dependiendo de la cantidad de equipos a conectar a dicha barra.
- **TMBG:** Telecommunications main grounding; Barra principal de tierra, ubicada en las “facilidades de entrada”, es la que se conecta a la tierra del edificio. Actúa como punto central de conexión de los TGB (típicamente hay un solo TMGB por edificio). Esta barra debe ser de cobre, con dimensiones mínimas establecidas y cuyo largo puede variar con relación a la cantidad de cables que deban conectarse a esta.

- BC: Bondign conductor. Es el puente de conexión equipotencial utilizado para unir la puesta a tierra del edificio a la barra de puesta a tierra principal de telecomunicaciones.

El elemento principal de puesta a tierra del cuarto de equipo es la barra TMGB, este backbone debe ser utilizado para conectar a tierra todos los cables mallados, equipamientos, rack, gabinetes, bandejas y otros equipos que tengan un potencial asociado y que actúe como conductor. El cuarto de equipo es equipado con una barra TGB. El objetivo de este sistema es proveer un sistema de puesta a tierra equipotencial de forma que las corrientes de falla se disipen convenientemente a tierra, protegiendo así a usuarios y equipos ya que si se produce una falla en un equipo se caería el sistema y las oficinas quedaría sin servicio hasta que esta se repare causando esto a su vez, pérdida de tiempo, de información entre otras.

El TBB debe ser instalado independientemente al sistema eléctrico del edificio y su diseño se debe basar en las normas respectivas (TIA/EIA 607).

Todos los rack, partes metálicas, cajas, bandejas, escalerillas, etc., que se encuentren en el cuarto de telecomunicaciones deben conectarse a la respectiva barra de tierra TMGB usando como mínimo cable de tierra de 10mm y los conectores correspondientes

Todos los cables de puesta a tierra deben identificarse con un aislamiento verde. Los cables sin aislamiento deberán identificarse con una cinta adhesiva verde de cada lado de las terminaciones.

Todos los cables y barras de aterrizamiento deberán identificarse y etiquetarse de acuerdo con el sistema de documentación especificado.

➤ Características esenciales del sistema de puesta a tierra

Todos los codos de unión serán de cobre y aislados.

Deberá tener un valor de 5 ohms como máximo.

El tamaño mínimo del TBB será número 6 AWG.

Los TBB Y BC no deberán colocarse en conduits metálicos. Si es necesario hacerlo en una longitud que exceda 1m., los conductores de unión deberán unirse al conduit en cada extremo con un cable de número 6 AWG mínimo.

Cada conductor BC deberá estar etiquetado.

Las etiquetas deberán estar colocadas lo más cercanas al punto de terminación.

Las etiquetas no deberán ser metálicas.

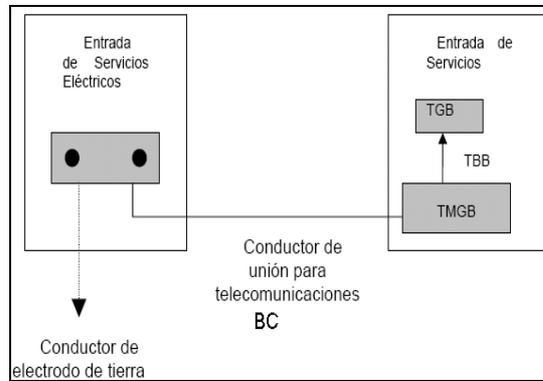


Figura 1. Ejemplo de las barras y conectores.

El BC, deberá ser, como mínimo el mismo calibre que el cable de unión vertical de telecomunicaciones (TBB). Tabla N° 1.

La TMGB deberá unirse a todas las TGB a través del cable de unión vertical (TBB) con objeto de reducir y ecualizar las diferencias de potencial entre los sistemas de telecomunicaciones unidos a ella.

La TBB se originará en la TMGB, extendiéndose por la distribución vertical de telecomunicaciones del edificio, y se conectará a las TGB's en el closets de telecomunicaciones y cuartos de equipo.

El blindaje de cables no deberá ser usado como TBB.

El tamaño mínimo de la TBB será de número 6 AWG y el tamaño máximo de la TBB será de número 3/0 AWG.

Longitud de TBB y/o BC	Utilizar cable #
0 – 13 mts.	1 AWG
13.1 – 16 mts.	1/0 AWG
16.1 – 20 mts.	2/0 AWG
20 mts. o más	3/0 AWG

Tabla 1. Dimensiones de TBB y BC

La TMGB servirá como el punto principal de unión de las TBB's y equipos.

La TMGB deberá ser accesible al personal de telecomunicaciones.

Las extensiones del TGMB serán las TGB's.

Deberá haber una TMGB por edificio (caso particular del proyecto una)

El lugar ideal para la TMGB será en la entrada de servicios.

La TMGB deberá dar servicio al equipo de telecomunicaciones localizado en el mismo cuarto o espacio.

La TMGB deberá ser una barra de cobre pre perforada para los conectores a utilizar. Se desea que esté platinada para reducir la resistencia al contacto. Si no lo está deberá limpiarse antes de colocar los conductores.

Deberá tener una dimensión mínima de 6mm de grueso por 100 mm de ancho, teniendo una longitud variable.

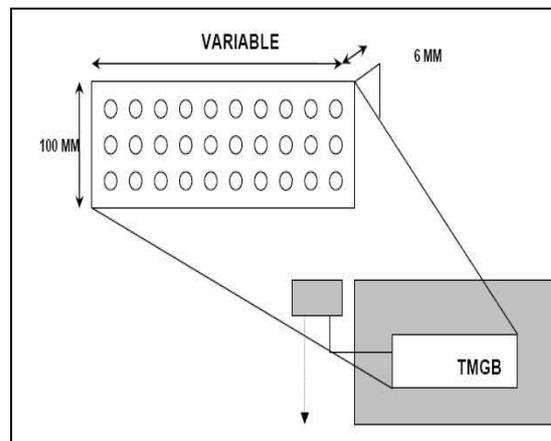


Figura 2. Barra de cobre perforada para cuartos de equipos (TMGB)

El TMGB deberá estar tan cerca como sea práctico del panel principal de telecomunicaciones.

Los conectores para el BC a la TMGB deberán ser compresión de dos perforaciones, soldadura exotérmica, o equivalente.

La conexión de conductores para unir equipos de telecomunicaciones a la TMGB o TGB puede usar conectores de compresión por tornillo de una perforación, aunque se prefieren conectores de compresión de dos perforaciones. La TMGB deberá estar separada y aislada de su soporte 5 cm.

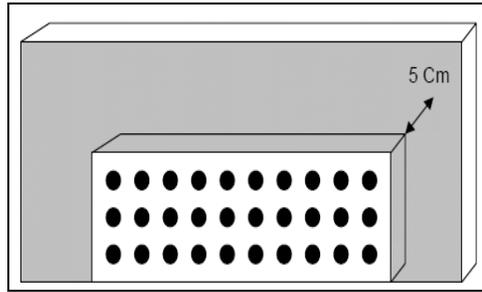


Figura 3 Barra de cobre aislada de su soporte

La TGB deberá tener una dimensión mínima de 6mm de grueso por 50 mm de ancho, teniendo una longitud variable.

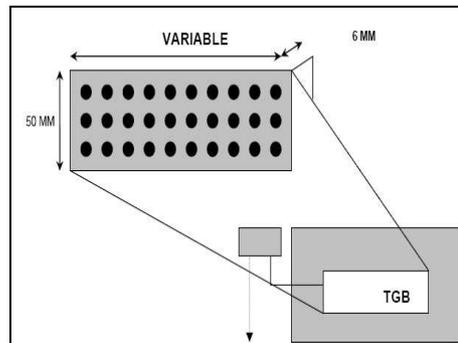


Figura 4. Dimensiones de barra de cobre para cuarto de equipos de telecomunicaciones

La TGB deberá estar platinada para reducir la resistencia al contacto. Si no lo está deberá limpiarse antes de colocar los conductores.

El conductor de unión entre la TBB y la TGB deberá ser continuo y ruteado en el camino más corto posible.

La TBB deberá estar lo más cerca posible del panel principal de telecomunicaciones.

Las conexiones entre las TBB's y el TGB usarán conectores de compresión de dos perforaciones. La TGB deberá estar separada y aislada de su soporte 5 cm. igual que la TMGB.

Cada TGB deberá unirse a la estructura metálica del edificio usando un conductor de número 6 AWG, siempre y cuando la estructura se encuentre puesta a tierra en forma efectiva.

El blindaje o miembro metálico de un cable vertical deberá estar unido a la TMGB/TGB por medio de un cable de unión desde el equipo de terminación.

La TMGB deberá colocarse tratando de tener la ruta más recta y estar lo más cerca posible de los protectores primarios de telecomunicaciones.

Deberá haber un mínimo de 30 cm. de separación entre el TBB's con respecto a cualquier cable de potencia, de datos y/o control aún cuando se encuentre dentro de un conduit metálico.

La TMGB deberá ubicarse cerca del cableado principal. La TMGB deberá localizarse considerando la menor distancia y los menores cambios de dirección del conductor de unión de telecomunicaciones.

Se permitirá la instalación de múltiples TGB's en el mismo closet de telecomunicaciones o cuarto de equipo para ayudar a minimizar longitudes de conductores y espacios de terminación.

Todos los TGB's deberán estar unidos con un conductor 6 AWG mínimo. Se requerirá minimizar distancias y el número de dobleces en los conductores de unión a la TGB.

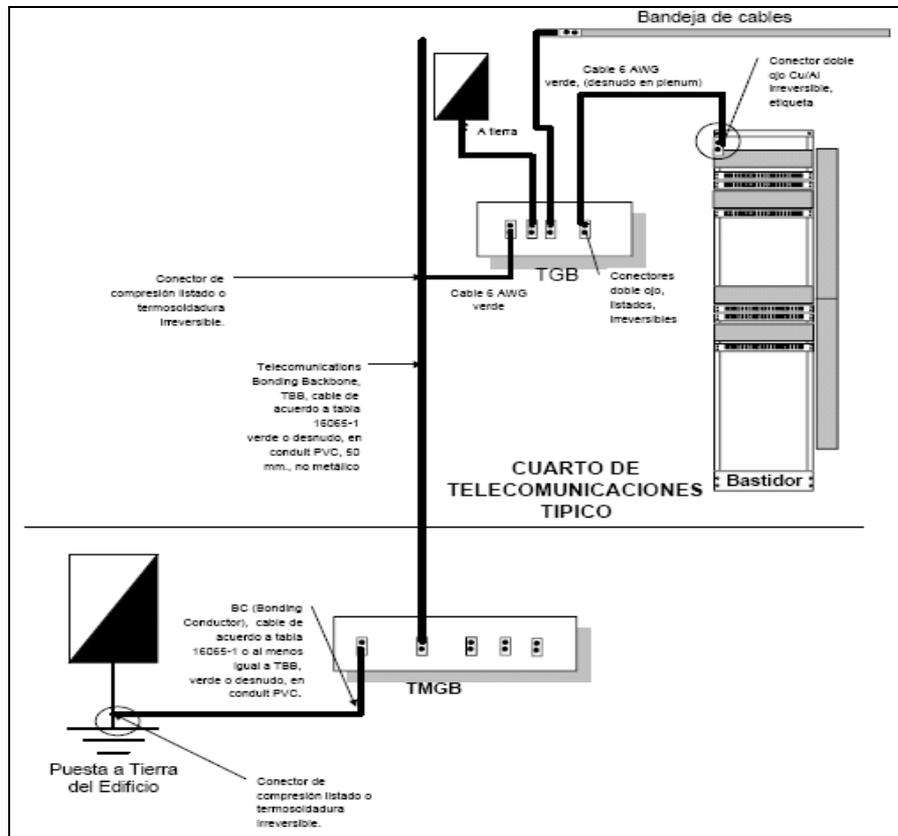


Figura 5. Ejemplo de un sistema de puesta a tierra para un cuarto de telecomunicaciones

Según la norma IRAM 2184:

Se especifica todo lo referente a la instalación de la línea de pararrayos, debe tenerse en cuenta, que un sistema de protección contra descargas eléctricas atmosféricas no puede impedir la formación de rayos.

Además tal sistema no garantiza en forma absoluta la protección de la vida, bienes y estructura, pero si, reducirá en forma significativa el riesgo de los daños producidos por el rayo.

El Sistema de Protección contra el Rayo (Spcr) es un sistema completo que permite proteger una estructura contra los efectos del rayo; consta de un sistema externo y de un sistema interno de protección contra el rayo.

Un Spcr podrá estar formado solamente por un sistema externo o por un sistema interno.

Sistema Externo: Comprende un dispositivo captor (terminal aéreo), las bajadas y un sistema de puesta a tierra.

Sistema Interno: Comprende todos los dispositivos complementarios al anterior con el objeto de reducir los efectos electromagnéticos (voltajes inducidos) de la corriente de rayo dentro del espacio a proteger.

En este caso en particular se empleara un sistema externo.

- Sistema Externo de Protección contra el Rayo:
 - Dispositivos Captor: La probabilidad de que un rayo penetre en el espacio a proteger se reduce considerablemente con la presencia de un dispositivo captor bien diseñado.
Se pueden formar por cualquier combinación:
Varillas con puntas captoras.
Conductores horizontales tendidos, captores.
Mallas de conductores captores.

- Colocación del captor: Para el diseño de este se debe tomar el método del:
- Angulo de Protección (método a utilizar en particular)
 - Esfera Rodante o ficticia. Como principales

El método del Angulo de Protección será el método aplicado ya que este se usa para estructuras simples y pequeñas; considerando que el edificio para la cual se esta diseñando el cableado estructurado cumple con estas condiciones (no mayor de 20 metros de altura).

El método de la Esfera Rodante es usado para estructuras complejas y más altas.

Método de Protección en base al ángulo α

Los captores tales como: varillas, mástiles o alambres deberán ser posicionados tal que todas las partes de la estructura a ser protegidas estarán interior a la envoltura superficial generada por la proyección de los puntos de los captores al plano de referencia (tierra) en un ángulo α respecto a la vertical en todas las direcciones ver figura.

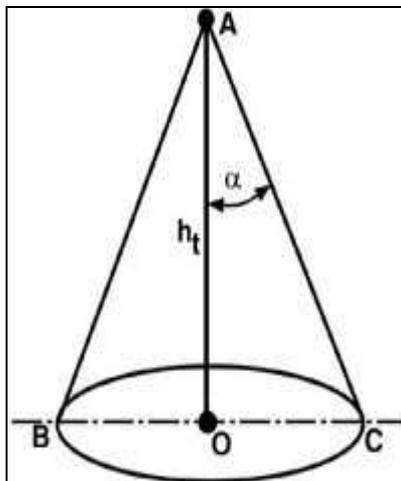


Figura 6 Proyección de cono de protección por pararrayo

A: Cabeza del captor

B: Plano de referencia

OC: Radio del área protegida

ht: Altura del captor arriba del plano de referencia

α : Angulo de protección que cumple con la tabla 1.

Espacio de protección dentro del cono generado por un simple captor A.

Siendo H la altura desde la parte superior del captor hasta la superficie sobre la que se asienta la estructura a proteger. El ángulo α es diferente para distintas alturas del captor hasta la superficie a ser protegida.

La altura de Captores no aislados de la estructura a proteger deberá ser menor de 2 a 3 metros.

Nivel de protección	h(m) R(m)	20	30	45	60
		α	α	α	α
I	20	25	-	-	-
II	30	35	25	-	-
III	45	45	35	25	-
IV	60	55	45	35	25

Tabla 2. Valor del ángulo α en relación al nivel de protección y altura del edificio.

Diseño de bajada de conductores.

La elección del número y posición de los conductores de bajada deberá ser tomada en cuenta por el hecho, que si la corriente del rayo es distribuida en varios conductores a tierra, el riesgo de la descarga lateral y, los efectos electromagnéticos interiores en la estructura son reducidos.

Los conductores de bajada deberán ser de manera uniforme ubicados a lo largo del perímetro de la estructura a proteger. Una mejora en la distribución de corriente se logra por anillos de interconexión entre las distintas bajadas.

Es deseable que las bajadas sean ubicadas tan lejos como sea posible de los circuitos internos y partes metálicas para evitar la necesidad de uniones equipotenciales con el sistema de protección.

Se debe considerar:

Conductores de bajada lo mas corto posibles.

La distancia promedio entre ellas se aprecia en tabla 3.

En las estructuras con aleros la distancia de seguridad deberá ser $S > 2,5 + d$. (metros) para evitar la descarga a la persona.

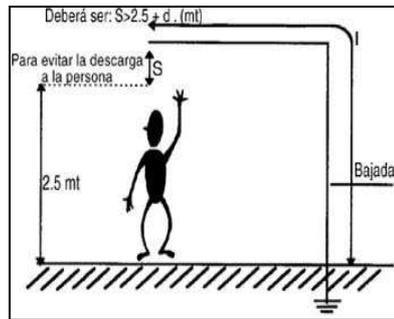


Figura 7. Distancia de bajada de conductores

Nivel de Protección	Distancia (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

Tabla 3. Distancia entre conductores de bajada de acuerdo al nivel de Protección

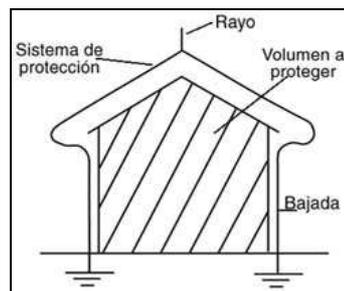


Figura 8. Sistema de protección no aislado de la estructura a proteger con su respectivo sistema de bajada.

Glosario de términos

BICSI TDM: *Building Industry Consulting Service International, Inc* (TDM, *Telecommunications Distribution Methods Manual*, Métodos de Distribución en Telecomunicaciones).

BTU: *British Thermal Unit*; representa la cantidad de energía que se requiere para elevar en 1° Fahrenheit la temperatura de una libra de agua en condiciones atmosféricas normales.

ETS 300 019 1-3 Class 3.1: Ingeniería de Equipos (EE), las condiciones ambientales y pruebas ambientales para la parte de equipos de telecomunicaciones 1-3: Clasificación de las condiciones ambientales, el uso estacionario en lugares *weather protected*.

Free-cooling: Es un método económico de la utilización de bajas temperatura de aire exterior para ayudar a la refrigeración por agua que luego pueden ser utilizadas para el proceso industrial, o de aire acondicionado en los data centers.

IEEE con estándar 1100: *Institute of Electrical and Electronic Engineers*; El estándar 1100 recomienda la alimentación y conexión a tierra de equipos sensibles electrónicos.

J-STD-607-A: *American National Standards Institute*; Define la infraestructura de conexión a tierra y de unión equipotencial para telecomunicaciones en edificios, la cual se origina en la tierra de la red eléctrica y se extiende por todo el edificio.

Lux: El sistema internacional de unidades, para la iluminancia, describe al lux como nivel de iluminación. Equivale a un lumen /m²

Plenum: Su utilización en el aire acondicionado de los edificios con falso techo en sus plantas. Mediante una inyección de aire exterior en el espacio entre la loza y el falso techo se consigue una pequeña sobrepresión que evita que el aire caliente

que existe en una planta suba hasta dicho espacio y se acumule, provocando con el paso del tiempo una acumulación de aire viciado que da lugar a malos olores, pudiendo incluso generar condensaciones de vapor de agua en algunos lugares cerrados.

TIA-942: *Telecommunication Infrastructure Standard*; establece las características que deben ejecutarse en los componentes de la infraestructura de data centers, para los distintos grados de disponibilidad.

UL: *Underwriters Laboratories*; es certificación en base a serie de pruebas de seguridad y confirmar que cumple con los niveles de calidad y seguridad exigidos en un determinado país.