

Contents

Marco teórico	2
Análisis preliminar	2
Topología	3
Planteamiento de modelos	3
Descripción de la topología	4
Esquema de direccionamiento	4
Requisitos	4
Análisis de requisitos: totalización.	5
Análisis de requisitos: Información detallada de las subredes. . .	7
Enrutamiento	7
Descripción del enrutamiento	7
Código implantado	8
Direccionamiento IP	9
Descripción del direccionamiento IP	9
Código implantado	9
Dispositivos requeridos	10
Requerimientos	10
Costos	12
Explicaciones adicionales	12
Referencias	13
Mercadolibre	13
Alibaba	14

Marco teórico

Análisis preliminar

$$\hat{N} = \frac{n}{\pi \bullet \sum r^2_i}$$

Distancias -aproximadas- entre las sedes de Salud-Caracas:

	El Paraiso	San Antonio	Guarenas	Maiquetía
El Paraiso		25.8km	40.7km	28km
San Antonio	25.8km		57.7km	47.8km
Guarenas	40.7km	57.7km		65.4km
Maiquetía	28km	47.8km	65.4km	

De la tabla anterior, se puede apreciar que las dos sedes más distantes son las de Maiquetía y Guarenas, por lo que estas estarían conectadas a través del ISP para ahorrar en lo posible los costos referentes a la conexión física entre estas, tal y como indica el planteamiento del problema.

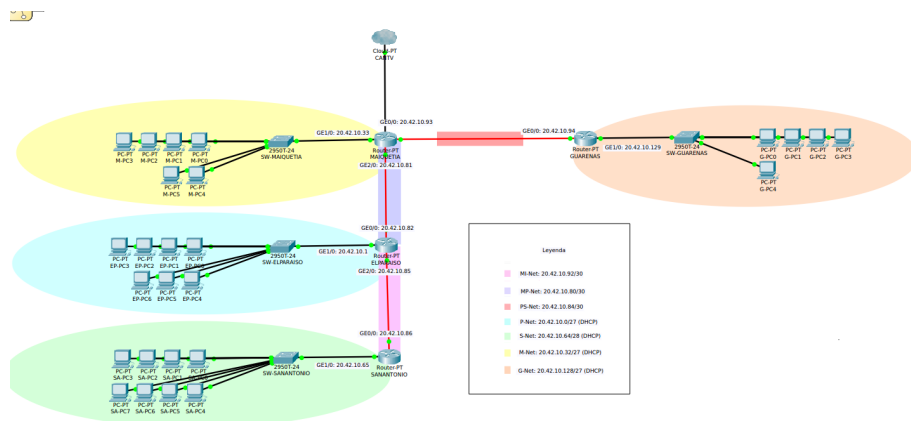
Con el fin de mantener la carga de la red equilibrada, el análisis lógico esperaría poder distribuir las sedes equitativamente entre ambos ISP, sin embargo, dada la distancia física existente entre estas y el costo que implica realizar una conexión física independiente al ISP, se decidió distribuir las sedes en dos grupos: El primer grupo conformado por las sedes de El Paraiso, San Antonio y Maiquetía, y el segundo conformado únicamente por la sede de Guarenas.

Una vez establecida la distribución general de la red, fue necesario hacer *subnetting* para diseñar la topología y posteriormente configurarla evitando desperdiciar direcciones IP, adicionalmente a esto se realizó un calculo de los costos de implementación y se tomaron una serie de decisiones para realización de este plan de proyecto.

Topología

Planteamiento de modelos

Modelo 1 En este modelo, solo se conecta el enrutador de Maiquetía al ISP. Sin embargo, los costos requeridos para interconectar Guatire-Maiquetía asociados al cable de fibra óptica, los trabajos de perforación y el mantenimiento, serían muy elevados, por lo que se descartó este modelo.



Modelo 2 En este modelo, las redes de Guarenas y Maiquetía están conectadas mediante el ISP, mientras que Maiquetía establece conexión con El Paraíso y San Antonio. Este modelo fue descartado debido a los costos requeridos para conectar Maiquetía y San Antonio, teniendo como alternativa inmediata el próximo modelo.

Modelo 3 En este modelo, las redes de Guarenas y Maiquetía están conectadas mediante el ISP, Maiquetía establece conexión con El Paraíso y este con San Antonio. El enrutador de El Paraíso funciona como enlace entre Maiquetía y San Antonio. Este modelo es el que se seleccionó debido a su buena gestión de recursos y eficiencia en la red. Sin embargo, para que pudiese funcionar, fue requerida la deficiencia de enrutamiento explicada más adelante.

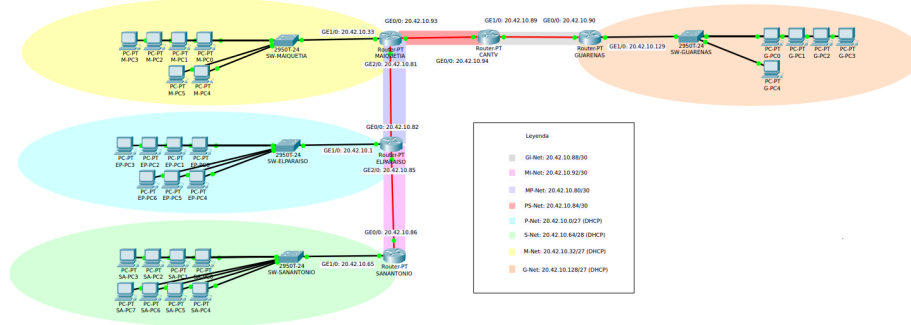


Figure 1: Modelo final

Descripción de la topología

La topología escogida para implantar la red de Salud-Caracas está basada en la topología de tipo Árbol. Como nodo raíz, se tiene al enrutador de CANTV, y los hijos inmediatos a éste son el enrutador *GUARENAS* y el enrutador *MAIQUETIA*. En el siguiente nivel se encuentran el conmutador de Maiquetía, el enrutador *ELPARAISO* y el conmutador de Guarenas. Luego, se tienen a los hosts de Maiquetía, los host de Guarenas, el conmutador de El Paraiso y el enrutador *SANANTONIO*. Luego de esto, están presente los host de El Paraiso y el conmutador de San Antonio. En el último nivel, estan presentes los hosts de San Antonio.

Para el caso particular de esta implantación, los ordenadores representan las hojas del árbol ya que no tendrán hijos y los conmutadores o los enrutadores representan el nodo padre de un árbol subsiguiente.

Esquema de direccionamiento

Requisitos

Tomando en cuenta que el crecimiento estimado se refiere a la cantidad de host en la que puede incrementar la subred partiendo de la cantidad presente, se tienen los siguientes requerimientos generales:

1. Una subred de 27 hosts para El paraíso (7 Actuales y 20 del crecimiento estimado).
2. Una subred de 8 hosts para San Antonio de los Altos.
3. Una subred de 15 hosts para Guarenas (5 Actuales y 10 del crecimiento estimado).

4. Una subred de 21 hosts para Maiquetía (6 Actuales y 15 del crecimiento estimado).

Análisis de requisitos: totalización.

En cuanto al direccionamiento IP se refiere, se decidió comprar el rango de direcciones IP del ISP CANTV asociadas a 20.42.10.0/24 ya que la red es para una clínica de gran alcance y se disponen los medios para ello. A su vez, si se desea a futuro construir otra sede de Salud-Caracas, se dispondrían de direcciones IP para asignar a la nueva sede.

Estableciendo etiquetas para cada subred, se tiene:

P-net = El Paraiso. S-net = San Antonio de los Altos. G-net = Guarenas.
M-net = Maiquetía.

Inicialmente se poseen dos enrutadores con direcciones IP asignadas mediante el ISP CANTV, cada uno con su respectiva subred.

Subred	Nº Hosts	Crec. Estim.	Enrutadores
P-net	7	20	1
M-net	6	15	1
G-net	5	10	1
S-net	8	0	1

Sin embargo, al requerir interconectar los enrutadores de Caracas (sin incurrir en costos adicionales para cables al tomar a El Paraiso como nodo central), es necesario crear 2 sub-redes nuevas, MP-net y PS-net, a su vez son requeridas otras dos para las conexiones de Guarenas al ISP y del ISP a Maiquetia.

Actualizando la tabla anterior de esta manera:

Subred	Nº Hosts	Crec. Estim.	Enrutadores
P-net	7	20	1
M-net	6	15	1
G-net	5	10	1
S-net	8	0	1
MP-net	2	0	0
PS-net	2	0	0

Subred	Nº Hosts	Crec. Estim.	Enrutadores
GI-net	2	0	0
MI-net	2	0	0

TOTAL	34	45	4
-------	----	----	---

A partir de la tabla anterior, se puede inferir la cantidad de host necesarios para cada supra-red principal, siendo:

- PMS-net = P-net, S-net, M-net, MP-net y PS-net.
- G-net = G-net.

Subred	Nº Hosts	Crec. Estim.	Enrutadores	Req. total	Máscara	IP's Libres
PMS-net	25	35	3	63	/25 ¹	63
G-net	5	10	1	16	/27 ²	14

A pesar de que para la G-net se están desperdiciando 14 direcciones, utilizar una máscara más pequeña implicaría aumentar los costos al tener que utilizar otro enrutador con máscara 255.255.255.252 y los otros instrumentos asociados (conmutadores, cables, interfaces de red). Como se esta considerando la mejor opción costo-rendimiento, se dejará libre ese rango de direcciones con el fin de evitar costos adicionales. Análogamente para la PMS-net.

¹Representación decimal 255.255.255.128

²Representación decimal 255.255.255.224

Análisis de requisitos: Información detallada de las subredes.

Sin procesar las subredes en PMS-net, se tiene:

Luego se aplicó la técnica de LVSM para la distribución de direcciones IP en estas subredes, debido a que existen diferencias notables en cuanto a la cantidad de hosts requeridas por cada subred como para realizar una distribución estática. Luego de aplicar esta técnica, se obtuvo:

Subred	Máscara	Dir Subred	Broadcast	Rango	D. Libres
PMS-net	255.255.255.128	20.42.10.0	20.42.10.127	.1 - .126 ³	63
G-net	255.255.255.224	20.42.10.128	20.42.10.159	.129 - .159	14

Y las subredes de la PMS-net estan conformadas de esta manera:

Subred	Máscara	Dir Subred	Broadcast	Rango	D. Libres
P-net	255.255.255.224	20.42.10.0	20.42.10.31	.1 - .30 ⁴	2
M-net	255.255.255.224	20.42.10.32	20.42.10.63	.33 - .62	8
S-net	255.255.255.240	20.42.10.64	20.42.10.79	.65 - .78	5
MP-net	255.255.255.252	20.42.10.80	20.42.10.83	.81 - .82	0
PS-net	255.255.255.252	20.42.10.84	20.42.10.87	.85 - .86	0
GI-net	255.255.255.252	20.42.10.88	20.42.10.91	.89 - .90	0
MI-net	255.255.255.252	20.42.10.92	20.42.10.95	.93 - .94	0

Enrutamiento

Descripción del enrutamiento

Debido a la topología escogida, es necesario definir un enrutamiento adecuado para poder interconectar adecuadamente las subredes entre sí y que estas conozcan a que enrutador siguiente consultar.

A pesar de disponer de la opción de utilizar enrutamiento dinámico, se decidió utilizar enrutamiento estático ya que la carga extra que requiere el enrutamiento dinámico es innecesaria para la topología escogida. Así, cada enrutador se encarga o bien de enviar el paquete a un host de su subred o de enviarlo al

³Todos rangos poseen el prefijo 20.42.10

⁴Todos rangos poseen el prefijo 20.42.10

siguiente enrutador que contenga la tabla de enrutamiento de la subred a la que va dirigida el paquete recibido o conozca a que enrutador reenviarlo.

Código implantado

Se utilizó el Control Line Interface de cada enrutador para configurar el enrutamiento estático correspondiente.

```
SANANTONIO(config)#ip route 20.42.10.0 255.255.255.224 20.42.10.85
SANANTONIO(config)#ip route 20.42.10.32 255.255.255.224 20.42.10.85
SANANTONIO(config)#ip route 20.42.10.80 255.255.255.252 20.42.10.85
SANANTONIO(config)#ip route 20.42.10.92 255.255.255.252 20.42.10.85
SANANTONIO(config)#ip route 20.42.10.128 255.255.255.224 20.42.10.85
SANANTONIO(config)#ip route 20.42.10.88 255.255.255.252 20.42.10.85
```

```
ELPARAISO(config)#ip route 20.42.10.32 255.255.255.224 20.42.10.81
ELPARAISO(config)#ip route 20.42.10.88 255.255.255.252 20.42.10.81
ELPARAISO(config)#ip route 20.42.10.92 255.255.255.252 20.42.10.81
ELPARAISO(config)#ip route 20.42.10.128 255.255.255.224 20.42.10.81
ELPARAISO(config)#ip route 20.42.10.64 255.255.255.240 20.42.10.86
```

```
MAIQUETIA(config)#ip route 20.42.10.0 255.255.255.224 20.42.10.82
MAIQUETIA(config)#ip route 20.42.10.64 255.255.255.240 20.42.10.82
MAIQUETIA(config)#ip route 20.42.10.84 255.255.255.252 20.42.10.82
MAIQUETIA(config)#ip route 20.42.10.88 255.255.255.252 20.42.10.94
MAIQUETIA(config)#ip route 20.42.10.128 255.255.255.224 20.42.10.94
```

```
CANTV(config)#ip route 20.42.10.0 255.255.255.224 20.42.10.93
CANTV(config)#ip route 20.42.10.32 255.255.255.224 20.42.10.93
CANTV(config)#ip route 20.42.10.64 255.255.255.224 20.42.10.93
CANTV(config)#ip route 20.42.10.64 255.255.255.240 20.42.10.93
CANTV(config)#ip route 20.42.10.80 255.255.255.252 20.42.10.93
CANTV(config)#ip route 20.42.10.84 255.255.255.252 20.42.10.93
```

```
GUARENAS(config)#ip route 20.42.10.0 255.255.255.224 20.42.10.89
GUARENAS(config)#ip route 20.42.10.32 255.255.255.224 20.42.10.89
```



```

GUARENAS(config)#ip route 20.42.10.64 255.255.255.240 20.42.10.89
GUARENAS(config)#ip route 20.42.10.80 255.255.255.252 20.42.10.89
GUARENAS(config)#ip route 20.42.10.84 255.255.255.252 20.42.10.89
GUARENAS(config)#ip route 20.42.10.92 255.255.255.252 20.42.10.89

```

Direccionamiento IP

Descripción del direccionamiento IP

Se utilizó DHCP ya que esto facilita la configuración en presencia de subredes grandes o que poseen un crecimiento estimado considerable. Adicionalmente a esto, en ninguna de las subredes diseñadas para Salud-Caracas se ofrecen servicios fuera de los routers, por lo que no es necesario establecer direcciones estáticas en estas. Además, representa un ahorro en la configuración de la red en la que se disponga de este servidor DHCP en el momento en el que se adquieran nuevos ordenadores y se conecten a la red: ni estos, ni el servidor, requerirán alguna configuración adicional a la proporcionada inicialmente.

Código implantado

Se utilizó el Control Line Interface de cada enrutador para configurar el servidor DHCP asociado a la subred que cada enrutador esté encargado de interconectar.

```

GUARENAS(config)#ip dhcp pool GNET
GUARENAS(dhcp-config)#network 20.42.10.128 255.255.255.224
GUARENAS(dhcp-config)#default-enrutador 20.42.10.129
GUARENAS(dhcp-config)#dns-server 8.8.8.8
GUARENAS(dhcp-config)#exit
GUARENAS(config)#do wr

```

```

-----

MAIQUETIA(config-if)#ip dhcp pool MNET
MAIQUETIA(dhcp-config)#network 20.42.10.32 255.255.255.224
MAIQUETIA(dhcp-config)#default-enrutador 20.42.10.33
MAIQUETIA(dhcp-config)#dns-server 8.8.8.8
MAIQUETIA(dhcp-config)#exit
MAIQUETIA(config)#do wr

```

```

-----

ELPARAISO(config-if)#ip dhcp pool PNET
ELPARAISO(dhcp-config)#network 20.42.10.0 255.255.255.224
ELPARAISO(dhcp-config)#dns-server 8.8.8.8

```

```
ELPARAISO(dhcp-config)#default-enrutador 20.42.10.1
ELPARAISO(dhcp-config)#exit
ELPARAISO(config)#do wr
```

```
SANANTONIO(config-if)#ip dhcp pool SNET
SANANTONIO(dhcp-config)#default-enrutador 20.42.10.65
SANANTONIO(dhcp-config)#dns-server 8.8.8.8
SANANTONIO(dhcp-config)#network 20.42.10.64 255.255.255.240
SANANTONIO(dhcp-config)#exit
SANANTONIO(config)#do wr
```

Dispositivos requeridos

Requerimientos

Los dispositivos utilizados en nuestra implementación incluyen:

- 4 enrutadores todos con al menos un conector de ethernet (preferiblemente gigabit)
 - 2 con 2 conectores de fibra óptica
 - 2 con 1 conector de fibra óptica
- 5 conmutadores o *switches* con las siguientes especificaciones
 - 1 de 16 puertos para la subred de Guatire
 - 1 de 24 puertos para la subred de El Paraiso (soporte para 22 hosts)
 - 1 de 6 puertos como auxiliar para la subred anterior (soporte para los 5 hosts faltantes)
 - 1 de 24 puertos para la subred Maiquetía
 - 1 de 16 puertos para la subred de San Antonio
- Bobina de cable de par trenzado categoría 5 (metraje dependiente de las distancias entre hosts)
- Inicialmente 52 Conectores RJ45 categoría 5 , 90 adicionales para cubrir el crecimiento de las red.
 - 52 para los hosts iniciales
 - 90 para los hosts del crecimiento estimado
- Bobina de cable de par trenzado categoría 6
- 10 conectores RJ45 categoría 6 para las conexiones entre conmutadores y enrutadores
- Bobina de fibra óptica 2 hilos multimodo (metraje dependiente de las conexiones existentes que el ISP provea)

- 6 conectores de fibra óptica multimodo de 2 hilos, *pigtail upc*

Cada *switch* debería tener al menos un puerto gigabit para conectar con su respectivo *router*.

El conmutador de El Paraíso que conecta un conjunto de hosts, el router y segundo conmutador pequeño (de 6 puertos) requiere de 2 puertos gigabit.

La cantidad de metros de cable entre cada host y su conmutador más cercano es variable, además depende del tamaño de cada centro médico en el que se está integrando la red. Suponiendo distancias de 3 ó 10 metros como media se requerirían al menos 78 metros de cable, y a lo más 260 como distancias iniciales. Luego del crecimiento esperado se utilizaría entre 213 y 710 metros de cable categoría 5. El plan inicial de red requiere de 52 conectores RJ45 y al final del crecimiento esperado se habrán usado 142 para ensamblar los cables de red.

Para las instalaciones de cableado entre routers (fibra óptica) no se conoce con exactitud la cantidad de conexiones entre preexistentes que provee el ISP de CANTV, ya que podría o no existir las conexiones entre una central de CANTV y un lugar cercano a los routers de Maiquetía y Guarenas, por lo que presentamos dos planes de requerimientos.

Como plan básico, para ambos planes se debe colocar cableado entre San Antonio y El Paraíso, y entre éste y Maiquetía, lo que representa (de acuerdo a la sección de nuestro análisis preliminar) una cantidad total de 58.3 km (suma de ambos segmentos). Dependiendo de las conexiones de CANTV se podría requerir entre 20 metros para conectar los centros de Salud-Caracas en Maiquetía y Guarenas al *router* más cercano del ISP, o utilizar, en el peor escenario posible 65 km de fibra óptica para conectar ambas instalaciones pasando por el router de CANTV. CANTV debería proveer de esta última conexión, por lo que el último plan de requerimiento no será tomado en cuenta. De esta manera se utilizarán únicamente 58.5 kilómetros de la fibra óptica ya especificada.

Cada cable de fibra óptica será ensamblado con 2 conectores pigtail.

Por último para realizar las conexiones entre los enrutadores de cada ciudad y su conmutador asociado y entre conmutadores (en El Paraíso) y suponiendo distancias de 5 metros entre cada uno de estos, se requerirán 25 metros de cable categoría 6, los cuales serán ensamblados con conectores RJ45 cat6.

Costos

Los costos aproximados obtenidos los portales de compras por internet mercadolibre y alibaba (a tasa SIMADI) arrojan la siguiente tabla de presupuesto:

Item	Costo (Bs)	Cantidad	Total (Bs)
Switch TP-link 16 puertos gigabit	149.000	2	29.9998
Switch cisco 24 puertos 2 gigabit	219.000	2	438.000
Switch 8 puertos gigabit	32.900	1	32.900
Enrutador, 2 puertos de fibra optica y gigabit	?	?	?
Enrutador, 1 puerto de fibra optica y gigabit	?	?	?

Realizando los cálculos con a SIMADI del 4/6/2016 (549 Bs por \$) para el cable de fibra óptica

Item	Costo (Bs)	Cantidad	Total (Bs)
Pigtails	5.990	6	35.940
RJ45 cat6 blindado	650	10	6.500
RJ45 cat5 (100 unidades)	3.250	1	3.250
Bobina cat5E 305 metros	36.990	1	36.990
Bobina cat6 por metro	600	25	15.990
Fibra óptica por km	54.900	58.5	3.211.650

La compra de la bobina de categoría 5 de 305 metros cubrirá el requerimiento inicial para los hosts y (potencialmente) cubrirá la demanda de los hosts nuevos (todo depende de las distancias explicadas en la sección anterior).

Explicaciones adicionales

- Se descartó el uso de de redes inalámbricas para los centros médicos ya que esto implicaría el uso de *access point* y tarjetas inalámbricas para cada hosts, lo cual implicaría un gran aumento en el costo total de la implementación de este proyecto.
- Se utilizaron cable categoría 6 entres conmutadores y enrutadores para mejorar las velocidades de conexión sin aumentar drásticamente los costos al hacer uso de este cable para cada uno de los hosts, además esto implicaría

instalar un gran número de tarjetas de red *gigabit* en vez de utilizar las *fast-ethernet* que usualmente incluyen las computadoras.

- Se decidió que importación de la fibra óptica era necesaria ya que reducía los costos en gran medida.

Referencias

Mercadolibre

Portal de ventas en línea en Venezuela

- Switch Tp-Link de 16 puertos gigabit
 - http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-463531660-switch-gigabit-de-16-puertos-tp-link-tl-sg1016-_JM
- Switch cisco de 24 puertos (2 gigabit)
 - http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-462458481-switch-cisco-sf200-24-24-puertos-10100-2-puertos-gigabit-_JM
- Switch Advantek de 8 puertos gigabit
 - http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-465748796-switch-gigabit-advantek-8-puertos-101001000-netpro-serie-_JM
- Conectores de fibra óptica
 - http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-465234972-pigtails-fibra-optica-multimodo-sc-upc-azul-_JM
- Conectores RJ45 categoría 6
 - http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-465127459-conector-rj45-cat6-blindado-lanpro-gigabit-red-internet-_JM
- Conectores RJ45 categoría 5
 - http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-465432656-conector-rj-45-cat-5e-paquete-de-100-unidades-_JM
- Bobina de cable categoría 5 (305 metros)
 - http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-465913392-bobina-cable-utp-cat5e-305-mts-rj45-cctv-redes-seguridad-lan-_JM
- Cable categoría 6 por metro
 - http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-459248117-cable-utp-categoria-6-100-cobre-por-metro-_JM

Alibaba

Portal de ventas al mayor por internet de proveedores ubicados en Asia

- Cable de fibra óptica por kilómetro
 - http://www.alibaba.com/product-detail/Outdoor-direct-buried-amored-fiber-optic_213229352.html?spm=a2700.7724838.0.0.CzmEbD&s=p