



Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires

75.43 Introducción a los Sistemas Distribuidos.

Trabajo Práctico Grupal: Diseño y configuración
sobre una topología de red.

Integrantes:

Padrón	Nombre	Email
89775	Díaz Ortiz, Ramiro	ramiro.do@gmail.com
89575	Durán, Adrián	adrianmdu@gmail.com
89567	Linardos, Leandro	leandro.linardos@gmail.com
91018	Stamato, Alejandra	alejandra.stamato@gmail.com
90746	Tamiozzo, Ayelén Sol	ayelenst@gmail.com
89579	Torres Feyuk, Ezequiel	ezequiel.torresfeyuk@gmail.com

Contents

1	Determinación de subredes	3
1.1	Amapola	5
1.2	Begonia	5
1.3	Clavel	6
1.4	Dalia	6
1.5	Espuela	6
1.6	Fresia	7
1.7	Geranio	7
1.8	Hortensia	8
1.9	Iris	8
1.10	Jazmín	8
1.11	Kentia	8
1.12	Lirio	8
1.13	Margarita	9
1.14	Narciso	9
1.15	Orquídea	9
1.16	Petunia	10
1.17	Quimonant	10
1.18	Rosa	10
1.19	Siempreviva	10
1.20	Tulipán	10
1.21	Ulmaria	10
1.22	Violeta	11
2	Ruteo	12
2.1	Ruteo Estático - Rutas Principales	12
2.1.1	R1	12
2.1.2	R2	13
2.1.3	R7	14
2.1.4	R8	15
2.1.5	R9	16
2.1.6	R10	17
2.1.7	R11	18
2.1.8	R12	19
2.1.9	R13	20
2.1.10	R14	21
2.1.11	R15	22
2.1.12	R16	23
2.1.13	R17	24
2.1.14	R18	25
2.2	Ruteo Estático - Rutas contingencia	26
2.2.1	R1	26
2.2.2	R8	27
2.2.3	R9	28
2.2.4	R10	29
2.2.5	R11	30
2.2.6	R12	31
2.2.7	R13	32

2.2.8	R14	33
2.2.9	R15	34
2.2.10	R16	35
2.3	Ruteo Dinámico	36
2.3.1	Introducción	36
2.3.2	Desarrollo	36
3	Redes y Protocolos Particulares	38
3.1	Frame Relay	38
3.1.1	Introducción	38
3.1.2	Implementación	38
3.2	Tunnel GRE	41
3.3	VRRP - Virtual Router Redundancy Protocol	42
3.3.1	Redundancia R3/R4	43
3.3.2	Redundancia R5/R6	43
4	DNS	46
5	Servicios	50
5.1	Webserver	50
5.2	Telnet	50
5.3	FTP	51
6	Tunnel VPN	53

1 Determinación de subredes

A partir de la topología entregada y el espacio de direccionamiento asignado, se procedió a realizar el *subnetting* de la red. El espacio de direccionamiento asignado es el mostrado en la tabla 1. La resolución de direcciones asignadas que se realizó siguiendo el estandar esbozado en el *RFC 950* se muestra en la tabla 2. La determinación de las redes y el nombre asociado a cada una se muestra en la figura 1.

Tipo de Red	Dirección de Red	Máscara de Red	Red Privada	Detalles
C	192.168.25.0	255.255.255.0	Si	-
A	10.111.25.0	255.255.255.0	Si	-
B	157.63.5.0	255.255.255.0	No	Internet
A	10.7.5.64	255.255.255.192	Si	Frame Relay
A	10.61.5.0	255.255.255.0	Si	-
A	10.61.6.128	255.255.255.128	Si	-
A	10.61.7.128	255.255.255.128	Si	-

Table 1: Redes asignadas

Nombre	Incluye	#Host	#Routers	Total	Bloque	Dirección de red
Amapola	Web Server	240	4	244	256	192.168.25.0/24
Begonia		29	3	32	64	10.111.25.192/26
Clavel	Telnet Server	250	2	252	256	10.61.5.0/24
Dalia		16	2	18	32	10.111.25.128/27
Espuela	Telnet Server	17	3	20	32	10.61.6.128/27
Fresia		9	4	13	16	10.111.25.160/28
Geranio	FTP Server	124	1	125	128	10.111.25.0/25
Hortensia		120	4	124	128	10.61.7.128/25
Iris		8	2	10	16	10.111.25.176/28
Jazmín		7	1	8	16	10.61.6.160/28
Kentia	Internet	0	2	2	4	157.63.5.0/30
Lirio		24	3	27	32	10.61.6.192/27
Margarita	PPP	0	2	2	4	10.61.6.176/30
Narciso	PPP	0	2	2	4	10.61.6.180/30
Orquídea	FR – R1/R8	0	2	2	4	10.7.5.64/30
Petunia	FR – R1/R9	0	2	2	4	10.7.5.68/30
Quimonant	FR – R1/R15	0	2	2	4	10.7.5.72/30
Rosa	FR – R8/R9	0	2	2	4	10.7.5.76/30
Siempreviva	FR – R8/R15	0	2	2	4	10.7.5.80/30
Tulipán	FR – R9/R15	0	2	2	4	10.7.5.84/30
Ulmaria	Internet	0	2	2	4	157.63.5.4/30
Violeta	Tunnel	0	2	2	4	10.61.6.184/30

Table 2: Tabla de asignación de redes



Trabajo Práctico Grupal: Diseño y configuración sobre una topología de red.
Integrantes: Díaz Ortiz, Durán, Linardos, Stamato, Tamiozzo, Torres Feyuk.

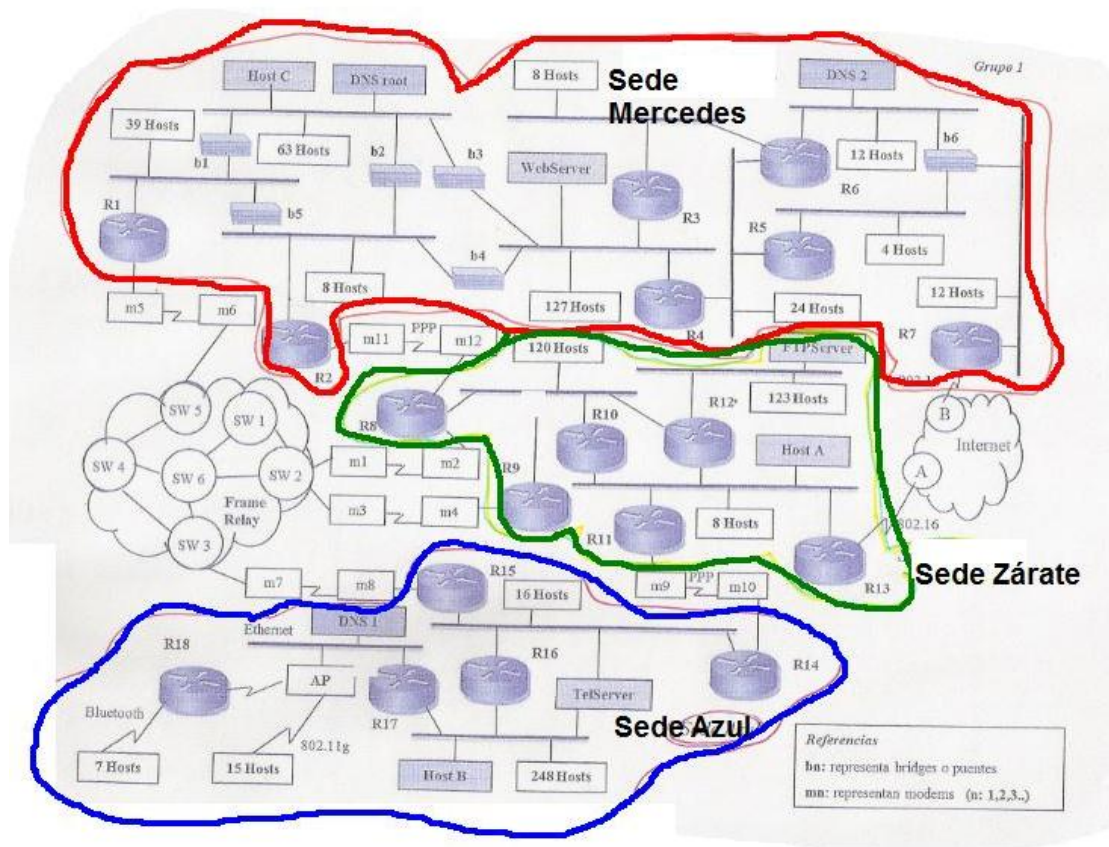


Figure 2: Diagrama de delimitación de sedes

La topología se divide en tres sedes: *Azul*, *Mercedes* y *Zárate*. Es importante delimitar que redes pertenecen a cada sede dado que de esto depende la resolución de nombres de dominios (DNS) y la aplicación de los protocolos de ruteo. En la figura 2 se muestra la división de la red en las tres respectivas sedes.

Con el espacio de direccionamiento asignado a cada red, se procedió a asignar las direcciones correspondientes a cada host perteneciente a las mismas. Las direcciones asignadas corresponden a las interfaces de los routers pertenecientes a la red y a los hosts especiales que se asignaron a las mismas en la topología (Servers, DNSs o Hosts particulares).

1.1 Amapola

Dirección de red: 192.168.25.0/24

1.2 Begonia

Dirección de red: 10.111.25.192/26

Router	Dirección	Dirección Virtual
R1	192.168.25.2	-
R2	192.168.25.3	-
R3	192.168.25.4	192.168.25.6
R3	192.168.25.5	192.168.25.6

Table 3: Tabla de asignación de routers en Amapola

DNS Root	192.168.25.7
Host C	192.168.25.6
Web Server	192.168.25.1

Table 4: Tabla de asignaciones especiales de Amapola

Router	Dirección	Dirección Virtual
R6	10.111.25.193	10.111.25.196
R7	10.111.25.194	10.111.25.196
R8	10.111.25.195	-

Table 5: Tabla de asignación de routers en Begonia

DNS2	10.111.25.196
------	---------------

Table 6: Tabla de asignaciones especiales de Begonia

1.3 Clavel

Dirección de red: 10.61.5.0/24

Router	Dirección
R16	10.61.5.1
R17	10.61.5.2

Table 7: Tabla de asignación de routers en Clavel

TelServer	10.61.5.130
-----------	-------------

Table 8: Tabla de asignaciones especiales de Clavel

1.4 Dalia

Dirección de red: 10.111.25.128/27

1.5 Espuela

Dirección de red: 10.61.6.128/27

Router	Dirección
R17	10.111.25.129
R18	10.111.25.130

Table 9: Tabla de asignación de routers en Dalia

DNS1	10.111.25.131
------	---------------

Table 10: Tabla de asignaciones especiales de Dalia

Router	Dirección
R14	10.61.6.130
R15	10.61.6.131
R16	10.61.6.132

Table 11: Tabla de asignación de routers en Espuela

TelnetServer	10.61.6.129
--------------	-------------

Table 12: Tabla de asignaciones especiales de Espuela

1.6 Fresia

Dirección de red: 10.111.25.160/28

Router	Dirección
R10	10.111.25.161
R11	10.111.25.162
R12	10.111.25.163
R13	10.111.25.164

Table 13: Tabla de asignación de routers en Fresia

Host A	10.111.25.165
--------	---------------

Table 14: Tabla de asignaciones especiales de Fresia

1.7 Geranio

Dirección de red: 10.111.25.0/25

Router	Dirección
R12	10.111.25.2

Table 15: Tabla de asignación de routers en Geranio

FTP Server	10.111.25.1
------------	-------------

Table 16: Tabla de asignaciones especiales de Geranio

1.8 Hortensia

Dirección de red: 10.61.7.128/25

Router	Dirección
R8	10.61.7.129
R9	10.61.7.130
R10	10.61.7.131
R12	10.61.7.132

Table 17: Tabla de asignación de routers en Hortensia

TelnetServer	10.61.6.129
--------------	-------------

Table 18: Tabla de asignaciones especiales de Hortensia

1.9 Iris

Dirección de red: 10.111.25.176/28

Router	Dirección
R3	10.111.25.177
R6	10.111.25.178

Table 19: Tabla de asignación de routers en Iris

1.10 Jazmín

Dirección de red: 10.61.6.160/28

Router	Dirección
R18	10.61.6.161

Table 20: Tabla de asignación de routers en Jazmín

1.11 Kentia

Dirección de red: 157.63.5.0/30

1.12 Lirio

Dirección de red: 10.61.6.192/27

Router	Dirección
R7	157.63.5.1

Table 21: Tabla de asignación de routers en Kentia

Internet	157.63.5.2
----------	------------

Table 22: Tabla de asignaciones especiales de Kentia

Router	Dirección	Dirección Virtual
R4	10.61.6.193	-
R5	10.61.6.194	10.61.6.196
R6	10.61.6.195	10.61.6.196

Table 23: Tabla de asignación de routers en Lirio

1.13 Margarita

Dirección de red: 10.61.6.176/30

Router	Dirección
R2	10.61.6.177
R8	10.61.6.178

Table 24: Tabla de asignación de routers en Margarita

1.14 Narciso

Dirección de red: 10.61.6.180/30

Router	Dirección
R11	10.61.6.181
R14	10.61.6.182

Table 25: Tabla de asignación de routers en Narciso

1.15 Orquídea

Dirección de red: 10.7.5.64/30

Router	Dirección
R1	10.7.5.65
R8	10.7.5.66

Table 26: Tabla de asignación de routers en Orquídea

1.16 Petunia

Dirección de red: 10.7.5.68/30

Router	Dirección
R1	10.7.5.69
R9	10.7.5.70

Table 27: Tabla de asignación de routers en Petunia

1.17 Quimonant

Dirección de red: 10.7.5.72/30

Router	Dirección
R1	10.7.5.73
R15	10.7.5.74

Table 28: Tabla de asignación de routers en Quimonant

1.18 Rosa

Dirección de red: 10.7.5.76/30

Router	Dirección
R8	10.7.5.77
R9	10.7.5.78

Table 29: Tabla de asignación de routers en Rosa

1.19 Siempreviva

Dirección de red: 10.7.5.80/30

Router	Dirección
R8	10.7.5.81
R15	10.7.5.82

Table 30: Tabla de asignación de routers en Siempreviva

1.20 Tulipán

Dirección de red: 10.7.5.84/30

1.21 Ulmaria

Dirección de red: 157.63.5.4/30

Router	Dirección
R9	10.7.5.85
R15	10.7.5.86

Table 31: Tabla de asignación de routers en Tulipán

Router	Dirección
R13	157.63.5.6

Table 32: Tabla de asignación de routers en Ulmaria

Internet	157.63.5.5
----------	------------

Table 33: Tabla de asignaciones especiales de Ulmaria

1.22 Violeta

Dirección de red: 10.61.6.184/30

Router	Dirección
R7	10.61.6.185
R13	10.61.6.186

Table 34: Tabla de asignación de routers en Violeta

2 Ruteo

En esta sección se muestran los diferentes tipos de ruteos aplicados a cada parte de la red. En el caso de ruteo estático, se muestran las tablas de ruteo de los routers en cuestión. En el caso de ruteo dinámico, se da una breve explicación del funcionamiento del protocolo de ruteo utilizado y los comandos necesarios para configurar al mismo.

2.1 Ruteo Estático - Rutas Principales

Para establecer las tablas de ruteo se optó por diseñar un camino mínimo aproximado, eligiendo de forma arbitraria la ruta en caso de empate. A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada router, omitiendo a aquellos routers en los cuales se aplica únicamente ruteo dinámico (son los routers correspondientes a la sede Mercedes, R3, R4, R5 y R6). Los routers R1, R2 y R7 poseen interfaces que se comunican tanto con la sede Mercedes como con la sede Zárate, de forma que la tabla de ruteo de los mismos poseerán entradas estáticas como dinámicas. Sin embargo, en esta subsección sólo se muestran las entradas estáticas.

2.1.1 R1

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.7.5.74
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.7.5.74
E	10.61.6.128	255.255.255.224	10.7.5.74
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.7.5.66
G	10.111.25.0	255.255.255.128	10.7.5.66
H	10.61.7.128	255.255.255.128	10.7.5.66
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.7.5.74
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.7.5.66
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.7.5.74
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.7.5.66
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.7.5.74
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.7.5.74
V	10.61.6.184	255.255.255.252	10.7.5.66

Table 35: Tabla de ruteo R1

2.1.2 R2

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.61.6.178
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.61.6.178
E	10.61.6.128	255.255.255.224	10.61.6.178
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.61.6.178
G	10.111.25.0	255.255.255.128	10.61.6.178
H	10.61.7.128	255.255.255.128	10.61.6.178
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.61.6.178
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.61.6.178
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.61.6.178
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.61.6.178
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.61.6.178
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.61.6.178
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.61.6.178
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.61.6.178
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.61.6.178
V	10.61.6.184	255.255.255.252	10.61.6.178

Table 36: Tabla de ruteo R2

2.1.3 R7

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
C	10.61.5.0	255.255.255.0	Tunel 10: 10.61.6.186
D	10.111.25.128	255.255.255.224	Tunel 10: 10.61.6.186
E	10.61.6.128	255.255.255.224	Tunel 10: 10.61.6.186
F	10.111.25.160	255.255.255.240	Tunel 10: 10.61.6.186
G	10.111.25.0	255.255.255.128	Tunel 10: 10.61.6.186
H	10.61.7.128	255.255.255.128	Tunel 10: 10.61.6.186
J	10.61.6.160	255.255.255.240	Tunel 10: 10.61.6.186
M	10.61.6.176	255.255.255.252	Tunel 10: 10.61.6.186
N	10.61.6.180	255.255.255.252	Tunel 10: 10.61.6.186
O	10.7.5.64	255.255.255.252	Tunel 10: 10.61.6.186
P	10.7.5.68	255.255.255.252	Tunel 10: 10.61.6.186
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	Tunel 10: 10.61.6.186
R	10.7.5.76	255.255.255.252	Tunel 10: 10.61.6.186
S	10.7.5.80	255.255.255.252	Tunel 10: 10.61.6.186
T	10.7.5.84	255.255.255.252	Tunel 10: 10.61.6.186
V	10.61.6.184	255.255.255.252	Tunel 10: 10.61.6.186

Table 37: Tabla de ruteo R7

2.1.4 R8

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.61.6.177
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.61.6.177
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.7.5.82
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.7.5.82
E	10.61.6.128	255.255.255.224	10.7.5.82
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.61.7.131
G	10.111.25.0	255.255.255.128	10.61.7.132
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.61.6.177
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.7.5.82
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.61.6.177
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.7.5.82
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.7.5.65
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.7.5.65
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.7.5.82
V	10.61.6.184	255.255.255.252	10.61.7.132

Table 38: Tabla de ruteo R8

2.1.5 R9

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.7.5.65
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.7.5.65
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.7.5.86
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.7.5.86
E	10.61.6.128	255.255.255.224	10.7.5.86
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.61.7.131
G	10.111.25.0	255.255.255.128	10.61.7.132
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.7.5.65
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.7.5.86
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.7.5.65
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.7.5.77
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.7.5.86
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.7.5.77
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.61.7.130
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.7.5.86
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.7.5.77
V	10.61.6.184	255.255.255.252	10.61.7.132

Table 39: Tabla de ruteo R9

2.1.6 R10

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.61.7.129
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.111.25.164
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.61.7.130
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.61.7.130
E	10.61.6.128	255.255.255.224	10.61.7.130
G	10.111.25.0	255.255.255.128	10.61.7.132
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.61.7.129
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.61.7.130
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.61.7.129
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.61.7.129
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.111.25.162
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.61.7.129
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.61.7.130
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.61.7.130
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.61.7.130
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.61.7.129
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.61.7.130
V	10.61.6.184	255.255.255.252	10.111.25.164

Table 40: Tabla de ruteo R10

2.1.7 R11

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.111.25.161
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.111.25.164
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.61.6.182
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.61.6.182
E	10.61.6.128	255.255.255.224	10.61.6.182
G	10.111.25.0	255.255.255.128	10.111.25.163
H	10.61.7.128	255.255.255.128	10.111.25.161
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.111.25.161
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.61.6.182
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.111.25.161
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.111.25.163
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.111.25.163
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.111.25.163
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.61.6.182
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.111.25.163
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.61.6.182
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.61.6.182
V	10.61.6.184	255.255.255.252	10.111.25.164

Table 41: Tabla de ruteo R11

2.1.8 R12

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.61.7.129
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.111.25.164
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.111.25.162
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.111.25.162
E	10.61.6.128	255.255.255.224	10.111.25.162
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.61.7.129
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.111.25.162
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.111.25.164
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.61.7.129
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.111.25.162
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.61.7.129
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.61.7.130
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.61.7.129
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.61.7.129
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.61.7.129
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.61.7.130
V	10.61.6.184	255.255.255.252	10.111.25.164

Table 42: Tabla de ruteo R12

2.1.9 R13

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.111.25.161
B	10.111.25.192	255.255.255.192	Tunnel 20:10.61.6.185
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.111.25.162
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.111.25.162
E	10.61.6.128	255.255.255.224	10.111.25.162
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.111.25.163
G	10.111.25.0	255.255.255.128	10.111.25.163
H	10.61.7.128	255.255.255.128	10.111.25.161
I	10.111.25.176	255.255.255.240	Tunel 20: 10.61.6.185
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.111.25.162
L	10.61.6.192	255.255.255.224	Tunel 20: 10.61.6.185
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.111.25.161
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.111.25.162
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.111.25.163
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.111.25.163
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.111.25.162
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.111.25.161
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.111.25.161
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.111.25.161

Table 43: Tabla de ruteo R13

2.1.10 R14

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.61.6.131
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.61.6.181
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.61.6.132
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.61.6.132
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.61.6.181
G	10.111.25.0	255.255.255.128	10.61.6.181
H	10.61.7.128	255.255.255.128	10.61.6.181
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.61.6.131
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.61.6.132
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.61.6.131
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.61.6.131
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.61.6.131
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.61.6.131
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.61.6.131
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.61.6.131
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.61.6.131
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.61.6.131
V	10.61.6.184	255.255.255.252	10.61.6.181

Table 44: Tabla de ruteo R14

2.1.11 R15

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.7.5.73
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.7.5.73
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.61.6.132
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.61.6.132
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.7.5.85
G	10.111.25.0	255.255.255.128	10.7.5.81
H	10.61.7.128	255.255.255.128	10.7.5.81
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.7.5.73
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.61.6.132
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.7.5.73
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.7.5.81
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.61.6.130
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.7.5.73
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.7.5.85
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.7.5.81
V	10.61.6.184	255.255.255.252	10.61.6.130

Table 45: Tabla de ruteo R15

2.1.12 R16

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.61.6.131
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.61.6.130
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.61.5.2
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.61.6.130
G	10.111.25.0	255.255.255.128	10.61.6.130
H	10.61.7.128	255.255.255.128	10.61.6.131
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.61.6.131
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.61.5.2
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.61.6.131
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.61.6.131
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.61.6.130
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.61.6.131
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.61.6.131
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.61.6.131
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.61.6.131
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.61.6.131
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.61.6.131
V	10.61.6.184	255.255.255.252	10.61.6.130

Table 46: Tabla de ruteo R16

2.1.13 R17

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.61.5.1
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.61.5.1
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.61.5.1
G	10.111.25.0	255.255.255.128	10.61.5.1
H	10.61.7.128	255.255.255.128	10.61.5.1
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.61.5.1
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.111.25.130
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.61.5.1
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.61.5.1
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.61.5.1
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.61.5.1
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.61.5.1
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.61.5.1
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.61.5.1
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.61.5.1
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.61.5.1
V	10.61.6.184	255.255.255.252	10.61.5.1

Table 47: Tabla de ruteo R17

2.1.14 R18

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.111.25.129
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.111.25.129
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.111.25.129
E	10.61.6.128	255.255.255.224	10.111.25.129
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.111.25.129
G	10.111.25.0	255.255.255.128	10.111.25.129
H	10.61.7.128	255.255.255.128	10.111.25.129
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.111.25.129
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.111.25.129
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.111.25.129
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.111.25.129
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.111.25.129
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.111.25.129
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.111.25.129
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.111.25.129
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.111.25.129
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.111.25.129
V	10.61.6.184	255.255.255.252	10.111.25.129

Table 48: Tabla de ruteo R18

2.2 Ruteo Estático - Rutas contingencia

Para el ruteo de contingencia se han definido las rutas alternativas arbitrariamente, siempre que las mismas no originaran bucles. En estos casos, no se han especificado rutas de contingencia, ya que se ha priorizado la estabilidad de la red.

A continuación se detallan todas las rutas de contingencia que se han podido definir, asignándoles a las mismas un coste administrativo mayor que a las principales (arbitrariamente el valor de cinco), por lo que la topología se iniciará ignorando este ruteo. El mismo solo es utilizado en caso en que se modifique manualmente la tabla de ruteo del router, eliminando la ruta primaria o en el caso de los PPP, ante la detección de la caída de la interfaz utilizada.

2.2.1 R1

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	-
B	10.111.25.192	255.255.255.192	-
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.7.5.70
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.7.5.70
E	10.61.6.128	255.255.255.224	10.7.5.70
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.7.5.74
G	10.111.25.0	255.255.255.128	110.7.5.74
H	10.61.7.128	255.255.255.128	110.7.5.70
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.7.5.70
J	10.61.6.160	255.255.255.240	-
L	10.61.6.192	255.255.255.224	-
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.7.5.66
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.7.5.66
O	10.7.5.64	255.255.255.252	-
P	10.7.5.68	255.255.255.252	-
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	-
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.7.5.70
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.7.5.66
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.7.5.70
V	10.61.6.184	255.255.255.252	10.7.5.74

Table 49: Tabla de ruteo R1

2.2.2 R8

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.7.5.65
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.7.5.65
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.61.7.132
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.61.7.132
E	10.61.6.128	255.255.255.224	10.61.7.130
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.61.7.132
G	10.111.25.0	255.255.255.128	10.61.7.131
H	10.61.7.128	255.255.255.128	-
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.7.5.65
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.61.7.132
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.7.5.65
M	10.61.6.176	255.255.255.252	-
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.61.7.132
O	10.7.5.64	255.255.255.252	-
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.61.7.130
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.7.5.82
R	10.7.5.76	255.255.255.252	-
S	10.7.5.80	255.255.255.252	-
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.61.7.130
V	10.61.6.184	255.255.255.252	10.61.7.131

Table 50: Tabla de ruteo R8

2.2.3 R9

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.7.5.77
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.7.5.77
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.61.7.132
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.61.7.132
E	10.61.6.128	255.255.255.224	10.61.7.132
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.61.7.132
G	10.111.25.0	255.255.255.128	-
H	10.61.7.128	255.255.255.128	-
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.7.5.77
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.61.7.132
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.7.5.77
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.7.5.77
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.61.7.131
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.7.5.69
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.61.7.130
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.7.5.69
R	10.7.5.76	255.255.255.252	-
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.7.5.86
T	10.7.5.84	255.255.255.252	-
V	10.61.6.184	255.255.255.252	10.61.7.131

Table 51: Tabla de ruteo R9

2.2.4 R10

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.61.7.130
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.61.7.129
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.61.7.129
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.61.7.129
E	10.61.6.128	255.255.255.224	10.111.25.162
F	10.111.25.160	255.255.255.240	-
G	10.111.25.0	255.255.255.128	-
H	10.61.7.128	255.255.255.128	-
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.61.7.130
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.61.7.129
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.61.7.130
M	10.61.6.176	255.255.255.252	-
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.61.7.130
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.61.7.130
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.61.7.129
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.61.7.129
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.61.7.129
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.61.7.130
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.61.7.129
V	10.61.6.184	255.255.255.252	-

Table 52: Tabla de ruteo R10

2.2.5 R11

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.111.25.163
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.111.25.163
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.111.25.161
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.111.25.161
E	10.61.6.128	255.255.255.224	10.111.25.161
F	10.111.25.160	255.255.255.240	-
G	10.111.25.0	255.255.255.128	-
H	10.61.7.128	255.255.255.128	10.111.25.163
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.111.25.163
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.111.25.161
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.111.25.164
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.111.25.161
N	10.61.6.180	255.255.255.252	-
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.111.25.161
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.111.25.161
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.111.25.161
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.111.25.161
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.111.25.161
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.111.25.161
V	10.61.6.184	255.255.255.252	-

Table 53: Tabla de ruteo R11

2.2.6 R12

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.61.7.130
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.61.7.129
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.61.7.130
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.61.7.130
E	10.61.6.128	255.255.255.224	10.61.7.129
F	10.111.25.160	255.255.255.240	-
G	10.111.25.0	255.255.255.128	-
H	10.61.7.128	255.255.255.128	-
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.111.25.164
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.61.7.130
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.61.7.129
M	10.61.6.176	255.255.255.252	-
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.61.7.131
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.61.7.131
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.61.7.129
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.61.7.130
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.61.7.131
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.61.7.130
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.61.7.129
V	10.61.6.184	255.255.255.252	-

Table 54: Tabla de ruteo R12

2.2.7 R13

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.111.25.163
B	10.111.25.192	255.255.255.192	-
C	10.61.5.0	255.255.255.0	10.111.25.163
D	10.111.25.128	255.255.255.224	10.111.25.163
E	10.61.6.128	255.255.255.224	10.111.25.161
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.111.25.163
G	10.111.25.0	255.255.255.128	-
H	10.61.7.128	255.255.255.128	10.111.25.161
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.111.25.162
J	10.61.6.160	255.255.255.240	10.111.25.163
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.111.25.162
M	10.61.6.176	255.255.255.252	20 10.61.6.185
N	10.61.6.180	255.255.255.252	10.111.25.163
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.111.25.162
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.111.25.162
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	10.111.25.163
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.111.25.162
S	10.7.5.80	255.255.255.252	10.111.25.162
T	10.7.5.84	255.255.255.252	10.111.25.163
V	10.61.6.184	255.255.255.252	-

Table 55: Tabla de ruteo R13

2.2.8 R14

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.61.6.181
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.61.6.131
C	10.61.5.0	255.255.255.0	-
D	10.111.25.128	255.255.255.224	-
E	10.61.6.128	255.255.255.224	-
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.61.6.131
G	10.111.25.0	255.255.255.128	10.61.6.131
H	10.61.7.128	255.255.255.128	10.61.6.131
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.61.6.181
J	10.61.6.160	255.255.255.240	-
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.61.6.181
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.61.6.181
N	10.61.6.180	255.255.255.252	-
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.61.6.181
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.61.6.181
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	-
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.61.6.181
S	10.7.5.80	255.255.255.252	-
T	10.7.5.84	255.255.255.252	-
V	10.61.6.184	255.255.255.252	-

Table 56: Tabla de ruteo R14

2.2.9 R15

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.7.5.81
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.7.5.81
C	10.61.5.0	255.255.255.0	-
D	10.111.25.128	255.255.255.224	-
E	10.61.6.128	255.255.255.224	-
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.61.6.130
G	10.111.25.0	255.255.255.128	10.7.5.85
H	10.61.7.128	255.255.255.128	10.7.5.85
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.7.5.81
J	10.61.6.160	255.255.255.240	-
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.7.5.81
M	10.61.6.176	255.255.255.252	-
N	10.61.6.180	255.255.255.252	-
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.7.5.81
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.7.5.73
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	-
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.7.5.85
S	10.7.5.80	255.255.255.252	-
T	10.7.5.84	255.255.255.252	-
V	10.61.6.184	255.255.255.252	10.7.5.85

Table 57: Tabla de ruteo R15

2.2.10 R16

Red	Dirección de red	Mascara	Next Hop
A	192.168.25.0	255.255.255.0	10.61.6.130
B	10.111.25.192	255.255.255.192	10.61.6.131
C	10.61.5.0	255.255.255.0	-
D	10.111.25.128	255.255.255.224	-
E	10.61.6.128	255.255.255.224	-
F	10.111.25.160	255.255.255.240	10.61.6.131
G	10.111.25.0	255.255.255.128	10.61.6.131
H	10.61.7.128	255.255.255.128	10.61.6.130
I	10.111.25.176	255.255.255.240	10.61.6.130
J	10.61.6.160	255.255.255.240	-
L	10.61.6.192	255.255.255.224	10.61.6.130
M	10.61.6.176	255.255.255.252	10.61.6.130
N	10.61.6.180	255.255.255.252	-
O	10.7.5.64	255.255.255.252	10.61.6.130
P	10.7.5.68	255.255.255.252	10.61.6.130
Q	10.7.5.72	255.255.255.252	-
R	10.7.5.76	255.255.255.252	10.61.6.130
S	10.7.5.80	255.255.255.252	-
T	10.7.5.84	255.255.255.252	-
V	10.61.6.184	255.255.255.252	-

Table 58: Tabla de ruteo R16

2.3 Ruteo Dinámico

2.3.1 Introducción

OSPF es un protocolo de ruteo dinámico basado en el algoritmo de *Dijkstra*. El mismo utiliza como métrica el ancho de banda de las redes que se encuentran bajo el mismo, a menos que se le asigne manualmente un coste, cosa que no se realiza en el presente TP. Cuando mayor sea el ancho de banda del enlace, menor será el peso de los mismos a la hora de calcular los caminos mínimos. Como en la red a simular todos los enlaces son *Ethernet*, el peso de todas las redes es el mismo.

Cada router OSPF determina por medio del *Hello Protocol* quienes son sus routers vecinos, y a partir de esta información decide cuales son sus routers adyacentes. Al cada router determinar sus routers adyacentes, la red se pasa a modelar como un grafo, la cual se va modificando cuando se cae algún enlace por medio de paquetes LSAs. Cada router recibe estos LSAs y forma con los mismos un árbol con la topología de la red, en la cual ellos son la raíz del mismo. A partir de este árbol, determinan como deben enrutarse los paquetes que llegan a los mismos.

La gran desventaja que posee OSPF respecto a otros protocolos es que si el mismo se implementa sobre una red muy compleja, entonces el protocolo no sería implementable debido a que siempre habría un enlace cambiando de estado. Para prevenir esto, OSPF permite definir *áreas*. De esta forma, se puede reducir el tamaño de la red e implementar el algoritmo de Dijkstra sobre un grafo más estable.

En la práctica, cada router que implemente OSPF debe agregar en su configuración ciertos comandos. A continuación se exhiben las directivas utilizadas:

- **router ospf process-id:** Indica que el router va a correr un proceso OSPF identificado por un número de ID. Dado que varios procesos OSPF pueden correr en un mismo router (aunque no se lo recomienda), se debe colocar un identificador del mismo.
- **network address wildcard-mask area area-id:** Con este comando le especificamos al router cuales de las redes que el mismo posee conectado directamente redistribuirán los LSAs. Se debe colocar la dirección de red de la misma, su máscara invertida, y el área a la cual pertenece.
- **redistribute static subnets:** Esta directiva es opcional. Permite redistribuir en la red que implementa OSPF las rutas estáticas que aparezcan en la tabla de ruteo del mismo. La palabra clave *subnets* es esencial en la configuración de la topología implementada debido a que si no se coloca la misma OSPF solo redistribuiría la entrada de ruteo con mayor dirección IP. Solamente se aplica en los *borders routers*.

2.3.2 Desarrollo

La sede Mercedes debe ser configurada con *Ruteo Dinámico*. Como se puede ver en la figura 2, los enrutadores en los cuales se debe configurar este protocolo son R1, R2, R3, R4, R5, R6 y R7. A continuación se muestra la configuración de cada uno de los routers:

R1:

```
router ospf 100
network 192.168.25.0 0.0.0.255 area 0
redistribute static subnets
```

R2:

```
router ospf 100
network 192.168.25.0 0.0.0.255 area 0
redistribute static subnets
```

R3:

```
router ospf 100
network 192.168.25.0 0.0.0.255 area 0
network 10.111.25.176 0.0.0.15 area 0
```

R4:

```
router ospf 100
network 192.168.25.0 0.0.0.255 area 0
network 10.61.6.192 0.0.0.31 area 0
```

R5:

```
router ospf 100
network 10.111.25.192 0.0.0.63 area 0
network 10.61.6.192 0.0.0.31 area 0
```

R6:

```
router ospf 100
network 10.61.6.192 0.0.0.31 area 0
network 10.111.25.176 0.0.0.15 area 0
network 10.111.25.192 0.0.0.63 area 0
```

R7:

```
router ospf 100
network 10.111.25.192 0.0.0.63 area 0
redistribute static subnets
```

3 Redes y Protocolos Particulares

3.1 Frame Relay

3.1.1 Introducción

Frame Relay es un protocolo orientado a la conexión implementado, por lo general, en redes WAN. El mismo permite crear conexiones punto a punto en redes públicas a través de la creación de circuitos virtuales. Un circuito virtual consiste en un camino que se crea desde las terminales desde las cuales acceden los usuarios interesados en comunicarse (DTE - Data Terminal Equipment) a partir de conmutadores que existen en la red Frame-Relay. Estos conmutadores, llamados DCEs (Data Circuit-Terminating Equipment), consisten en equipos que multiplexan los paquetes que llegan de forma que los mismos arriben a destino.

Existen dos tipos de circuitos virtuales que pueden crearse:

- PVCs (Permanent Virtual Circuits)
- SVCs (Switched Virtual Circuits)

Los PVCs consisten en circuitos virtuales fijos y son los que se utilizan en su mayoría. Sin embargo, Frame-Relay tiene soporte para crear SVCs, que son circuitos virtuales que se crean sólo cuando dos usuarios desean comunicarse y luego se destruyen al terminar la comunicación. Esto permite que los puertos de los DCEs puedan reutilizarse para satisfacer la demanda de otros usuarios. Los SVCs, si bien son imprescindibles en redes como la telefonía, no encajan en un modelo de red como Internet debido a que la demanda por parte de los clientes es mayor y totalmente aleatoria.

Frame-Relay envía la información a través de los circuitos virtuales a través de paquetes (se dice que es una red que implementa la metodología de *Packet Switching*). Los DCEs pueden identificar a donde deben ser dirigidos los paquetes a partir de su DLCI (Data Link Connection Identifier) que no es más que un identificador de circuito virtual. Estos identificadores son locales, por lo cual dos redes Frame-Relay pueden usar el mismo identificador sin problemas.

3.1.2 Implementación

En la topología presentada, los routers R1, R8, R9 y R15 se encuentran conectados a una *nube* Frame Relay. Debido a que no se especifica como deben ser las conexiones entre los routers, se implementa una topología de malla completa de forma que todos los routers se encuentren conectados entre sí. En la tabla 2 se exhiben las subredes asignadas a cada uno de estos enlaces. En la tabla 59 se exhiben los DLCIs asignados para cada uno de los circuitos virtuales creados. Cabe destacar que para que las conexiones punto a punto sean full-duplex, se crearon dos circuitos virtuales para cada subred: uno para la ida de paquetes y otro para la vuelta de los mismos. En la figura 3 se exhibe un diagrama simplificado de como queda implementada la red Frame-Relay.

Para confeccionar la red Frame-Relay en el gns3 se utilizó el dispositivo *FrameRelay-Switch*. El mismo permite configurar de forma amigable a través de un entorno GUI el enrutamiento de los paquetes que llegan al mismo a partir

Origen	DLCI	Destino
R1	108	R8
R8	801	R1
R1	109	R9
R9	901	R1
R1	105	R15
R15	501	R1
R8	809	R9
R9	908	R8
R8	805	R15
R15	508	R8
R9	905	R15
R15	509	R9

Table 59: DLCIs correspondientes a cada circuito virtual

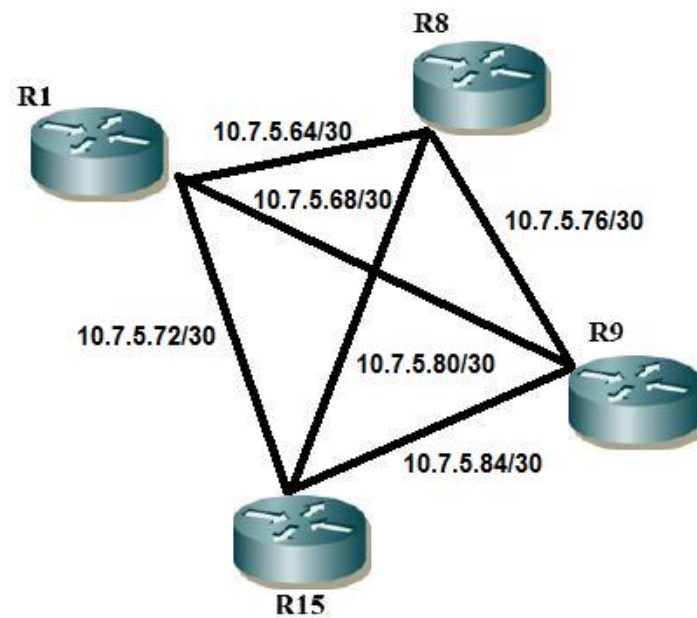


Figure 3: Diagrama Frame Relay

de los DLCIs. Con este dispositivo configurado, sólo basta configurar las interfaces de los routers involucrados en la nube Frame-Relay para dejar operativa a la misma.

Las interfaces que están conectadas a la red Frame-Relay deben ser interfaces Seriales (esto se debe a que los DTEs envían y reciben información a través del protocolo RS-232). Se debe especificar por la interfaz que salen los paquetes que los mismos deben ser encapsulados por medio de Frame-Relay. Luego, como solo existe un enlace serial entre cada router y la nube, se implementan interfaces virtuales para cada uno de los enlaces punto a punto entre los routers. En cada uno de estos enlaces debe determinarse con que DLCI serán enviados los paquetes salientes de cada una de las interfaces. A continuación, se exhibe la configuración pertinente a Frame-Relay implementada en cada uno de los routers conectados a la nube:

R1:

```
interface Serial1/0
no ip address
encapsulation frame-relay

interface Serial1/0.1 point-to-point
ip address 10.7.5.65 255.255.255.252
frame-relay interface-dlci 108

interface Serial1/0.2 point-to-point
ip address 10.7.5.69 255.255.255.252
frame-relay interface-dlci 109

interface Serial1/0.3 point-to-point
ip address 10.7.5.73 255.255.255.252
frame-relay interface-dlci 105
```

R8:

```
interface Serial1/0
no ip address
encapsulation frame-relay

interface Serial1/0.1 point-to-point
ip address 10.7.5.66 255.255.255.252
frame-relay interface-dlci 801

interface Serial1/0.2 point-to-point
ip address 10.7.5.77 255.255.255.252
frame-relay interface-dlci 809

interface Serial1/0.3 point-to-point
ip address 10.7.5.81 255.255.255.252
frame-relay interface-dlci 805
```

R9:

```
interface Serial1/0
no ip address
encapsulation frame-relay

interface Serial1/0.1 point-to-point
ip address 10.7.5.70 255.255.255.252
frame-relay interface-dlci 901

interface Serial1/0.2 point-to-point
ip address 10.7.5.78 255.255.255.252
frame-relay interface-dlci 908

interface Serial1/0.3 point-to-point
ip address 10.7.5.85 255.255.255.252
frame-relay interface-dlci 905
```

R15:

```
interface Serial1/0
no ip address
encapsulation frame-relay

interface Serial1/0.1 point-to-point
ip address 10.7.5.74 255.255.255.252
frame-relay interface-dlci 501

interface Serial1/0.2 point-to-point
ip address 10.7.5.82 255.255.255.252
frame-relay interface-dlci 508

interface Serial1/0.3 point-to-point
ip address 10.7.5.86 255.255.255.252
frame-relay interface-dlci 509
```

3.2 Tunnel GRE

Utilizando el tutorial expuesto en la cátedra, se creó un Tunnel GRE para encapsular en la red las conexiones de los routers R7 y R13 a Internet. En la tabla 2 se exhiben, entre otros, los datos de las subredes involucradas en el Tunnel. En la figura 4 se exhibe el equivalente de la topología luego de implementar el Tunnel. Gracias al mismo, se crea una conexión punto a punto entre R7 y R13, de forma que las subredes *Kentia* y *Ulmara* no son vistas en la red.

Se exhibe a continuación, la configuración pertinente al protocolo GRE en los routers R7 y R13. Además de la configuración expuesta en el tutorial, se debe configurar de forma estática la comunicación de R7 a R13 y R13 a R7 a

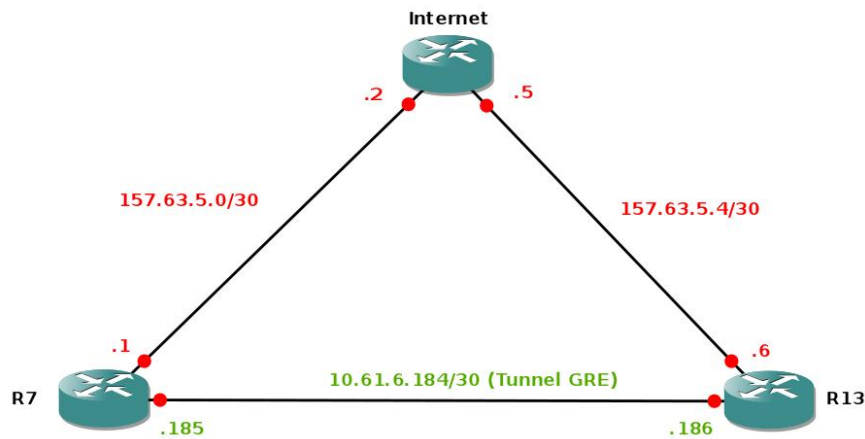


Figure 4: Diagrama Tunnel GRE

través de internet. De no especificarse esto, el Tunnel no se puede formar dado que el protocolo no conoce como hacer para llegar desde un router, es decir, no saben que la comunicación entre R7 y R13 se realiza a través del router que simboliza Internet.

R7:

```
interface tunnel 10
ip address 10.61.6.185 255.255.255.252
tunnel source 157.63.5.1
tunnel destination 157.63.5.6
ip route 157.63.5.4 255.255.255.252 157.63.5.2
```

R13:

```
interface tunnel 20
ip address 10.61.6.186 255.255.255.252
tunnel source 157.63.5.6
tunnel destination 157.63.5.1
ip route 157.63.5.0 255.255.255.252 157.63.5.5
```

3.3 VRRP - Virtual Router Redundancy Protocol

Vrrp es un protocolo de redundancia definido en el RFC 3768. El objetivo de vrrp es mantener disponible una puerta de enlace para una determinada red. Para ello se define un router virtual y se configuran dos o más routers físicos,

de los cuales solo uno va a realizar realmente el enrutamiento. Si el router físico falla o alguna de sus interfaces (sobre las cuales se aplica el protocolo) cae, se negocia mediante el transpaso de mensajes quien es el próximo router que toma el rol de maestro.

En el caso del presente trabajo, se aplicó vrrp en dos pares de routers, por un lado se aplicó a los routers R3 y R4, los cuales tienen en común la red A, y por el otro se aplicó a los routers R5 y R6 los cuales tienen interfaces en las redes L y B.

A continuación se muestra como se aplicó el protocolo en ambos casos.

3.3.1 Redundancia R3/R4

R3: En el caso de R3 se definió un tracking object que sensara la interface Ethernet0/2, correspondiente a la red A, y luego se configuró dicha interface con los parametros de vrrp, se le asigno una prioridad de 110, se definió la ip virtual 192.168.25.6. Por último se definió un intervalo de 15 segundos para el intercambio de mensajes y un decremento de 20 para la prioridad, según lo indique el tracking object.

```
hostname R3

track 1 interface Ethernet0/2 ip routing

interface Ethernet0/2
ip address 192.168.25.4 255.255.255.0
vrrp 12 description vrrp_lan_1
vrrp 12 priority 110
vrrp 12 timers advertise 15
vrrp 12 timers learn
vrrp 12 ip 192.168.25.6
vrrp 12 track 1 decrement 20
```

R4: En R4 no es necesario el tracking object, por lo que solo se configuraron los parametros correspondientes a vrrp mencionados anteriormente.

```
hostname R4

interface ethernet0/2
ip address 192.168.25.5 255.255.255.0
vrrp 12 description vrrp_lan_3
vrrp 12 priority 100
vrrp 12 timers advertise 15
vrrp 12 timers learn
vrrp 12 ip 192.168.25.6
```

3.3.2 Redundancia R5/R6

R5: Tanto para R5 como para R6, se configuraron dos de las interfaces de los routers, puesto que son dos redes las que tienen en común (B y L). A la interface Ethernet0/0 correspondiente a la red L, se le configuró vrrp 10 con ip virtual 10.61.6.196 y prioridad 100, mientras que a la interface Ethernet0/1

correspondiente a la red B, se le configuro vrrp 11 con ip virtual 10.111.25.196 y la misma prioridad.

```
hostname R5
```

```
interface Ethernet0/0
ip address 10.61.6.194 255.255.255.224
vrrp 10 description vrrp_lan_1
vrrp 10 priority 100
vrrp 10 timers advertise 15
vrrp 10 timers learn
vrrp 10 ip 10.61.6.196

interface Ethernet0/1
ip address 10.111.25.194 255.255.255.192
vrrp 11 description vrrp_lan_2
vrrp 11 priority 100
vrrp 11 timers advertise 15
vrrp 11 timers learn
vrrp 11 ip 10.111.25.196
```

R6: Al igual que el caso anterior, en R6 se configuraron dos interfaces, y además se definieron dos tracking objects que sensaran dichas interfaces. Por un lado se definió el tracking object 1 sobre la interface Ethernet0/1 en la cual se aplica vrrp 10, con ip virtual 10.61.6.196 como se mencionó anteriormente y prioridad 110. El segundo tracking object se aplicó sobre la interface Ethernet0/2 en la cual se definió vrrp 11, con ip virtual 10.111.25.196 y prioridad 110 (al igual que antes). La diferencia sustancial con la configuración de R3 y R4, es que en este caso, por mas que falle una de las dos interfaces, se le decrementa la prioridad a ambas.

```
hostname R6
```

```
track 1 interface Ethernet0/1 ip routing
track 2 interface Ethernet0/2 ip routing

interface Ethernet0/1
ip address 10.61.6.195 255.255.255.224
vrrp 10 description vrrp_lan_1
vrrp 10 priority 110
vrrp 10 timers advertise 15
vrrp 10 timers learn
vrrp 10 ip 10.61.6.196
vrrp 10 track 1 decrement 20
vrrp 10 track 2 decrement 20

interface Ethernet0/2
ip address 10.111.25.193 255.255.255.192
vrrp 11 description vrrp_lan_2
vrrp 11 priority 110
vrrp 11 timers advertise 15
```

```
vrrp 11 timers learn  
vrrp 11 ip 10.111.25.196  
vrrp 11 track 1 decrement 20  
vrrp 11 track 2 decrement 20
```

4 DNS

Existen tres servidores DNS y tres zonas:

- Mercedes
- Zárate
- Azul

El DNS Root está en la red **Amapola** de la zona **Mercedes** con ip 192.168.25.7. Delega la autoridad en los restantes dos servidores de nivel dos, por lo que sólo tiene registros NS apuntando hacia los otros servidores DNS de nivel dos. La autoridad de los servidores de nivel dos se reparte de la siguiente manera (Ver Figura 5):

- DNS1, en la red **Dalia** de la zona **Azul** con ip 10.111.25.131, para la zona AZUL
- DNS2, en la red **Bergonia** de la zona **Zárate** con ip 10.111.25.197, para el resto de las zonas

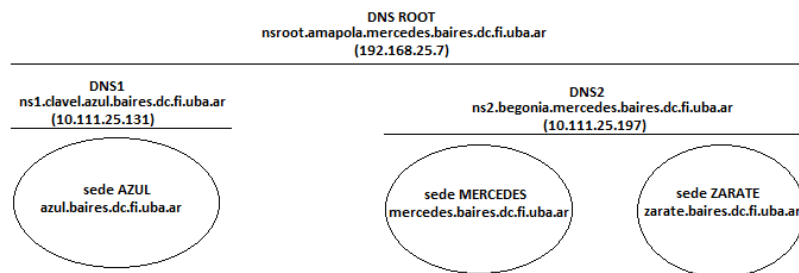


Figure 5: Esquema de delegación de dns

La parte más compleja de este servidor está en la delegación del mapeo reverso. Se adoptó la práctica común de crear nuevos nombres canónicos y hacer a la direcciones IP reales aliases de las primeras, en una relación uno a uno. En conjunto con la creación de una zona por cada subnet y la posterior delegación de autoridad sobre esta zona al servidor que se desea que tenga autoridad sobre las IPs reales, se logra el cometido. En caso de no estar subneteadado, se procede similarmente, delegando cada dirección al nameserver correspondiente. Por simplificación se usó el statement \$GENERATE.

Es decir, para el mapeo reverso, se creo una zona por cada subnet no alieneada a los objetos de la dirección ip (máscara /24). Dentro de esta zona, se delega cada host al servidor DNS de nivel dos correspondiente. El árbol de espacio de nombres de dominios (solo teniendo en cuenta los hosts especiales y sus respectivas direcciones IPs) se puede apreciar en la Figura 6.

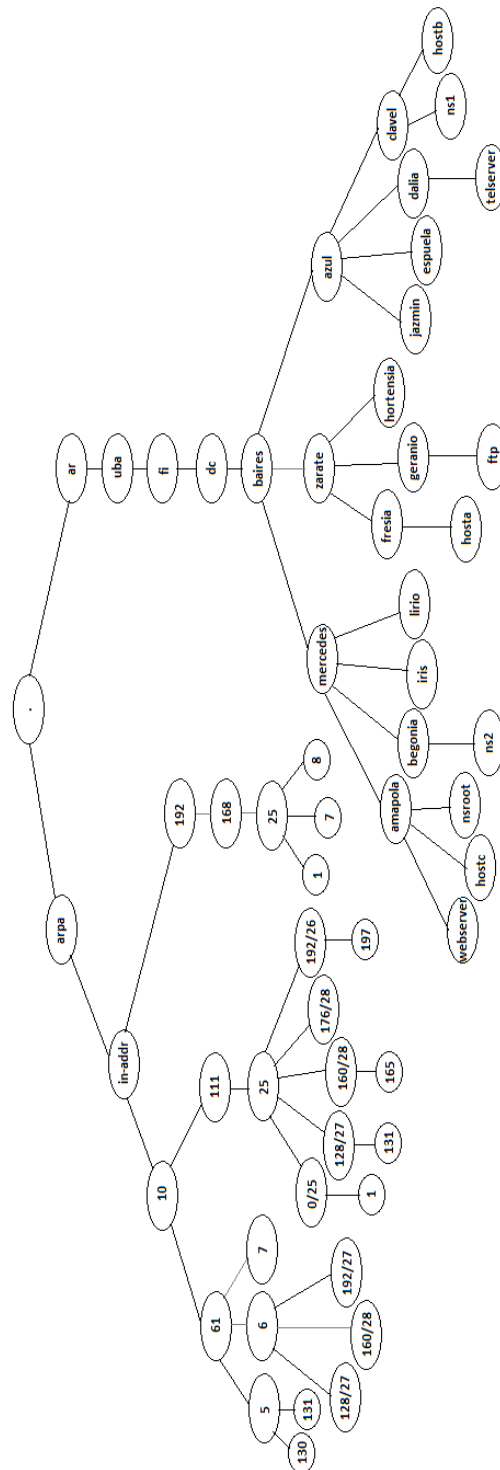


Figure 6: Árbol de espacio de nombres de dominio

Los host que corren los DNS de nivel tienen como servidor de espacio de nombres al Root, por lo que si se cae este último, los servidores de nivel dos serán incapaces de resolver queries incluso para zonas sobre las que tienen autoridad.

Mercedes			
Amapola - 192.168.25.0/24 - (.amapola.mercedes.baires.dc.fi.uba.ar)			
Host	Dirección	Nombre	Dominio
WebServer	192.168.25.1	webserver	www.baires.dc.fi.uba.ar
R1	192.168.25.2	r1	-
R2	192.168.25.3	r2	-
R3	192.168.25.4	r3	-
R4	192.168.25.5	r4	-
DNSRoot	192.168.25.7	nsroot	ns.baires.dc.fi.uba.ar nsroot.baires.dc.fi.uba.ar
HostC	192.168.25.8	hostc	hostc.baires.dc.fi.uba.ar c.baires.dc.fi.uba.ar
Begonia - 10.111.25.192/26 - (.begonia.mercedes.baires.dc.fi.uba.ar)			
Host	Dirección	Nombre	Dominio
R6	10.111.25.193	r6	-
R18	10.111.25.194	r7	-
DNS2	10.111.25.195	ns2	ns2.baires.dc.fi.uba.ar
Iris - 10.111.25.176/28 - (.iris.mercedes.baires.dc.fi.uba.ar)			
Host	Dirección	Nombre	Dominio
R3	10.111.25.177	r3	-
R4	10.111.25.178	r4	-
Lirio - 10.61.6.192/27 - (.lirio.mercedes.baires.dc.fi.uba.ar)			
Host	Dirección	Nombre	Dominio
R4	10.61.6.193	r4	-
R5	10.61.6.194	r5	-
R6	10.61.6.195	r6	-

Table 60: Esquema de asignaciones en Mercedes

Azul			
Clavel - 10.61.5.0/24 - (.clavel.azul.baires.dc.fi.uba.ar)			
Host	Dirección	Nombre	Dominio
R16	10.61.5.1	r16	-
R17	10.61.5.2	r17	-
TelServer	10.61.5.130	telserver	telserver.baires.dc.fi.uba.ar
Host B	10.61.5.131	hostb	hostb.baires.dc.fi.uba.ar b.baires.dc.fi.uba.ar
Dalia - 10.111.25.128/27 - (.dalia.azul.baires.dc.fi.uba.ar)			
Host	Dirección	Nombre	Dominio
R17	10.111.25.129	r17	-
R18	10.111.25.130	r18	-
DNS1	10.111.25.131	ns1	ns1.baires.dc.fi.uba.ar
Espuela - 10.61.6.128/27 - (.espuela.azul.baires.dc.fi.uba.ar)			
Host	Dirección	Nombre	Dominio
R14	10.61.6.130	r14	-
R15	10.61.6.131	r15	-
R16	10.61.6.132	r16	-
Jazmín - 10.61.6.160/28 - (.jazmin.azul.baires.dc.fi.uba.ar)			
Host	Dirección	Nombre	Dominio
R18	10.61.6.161	r18	-

Table 61: Esquema de asignaciones en Azul

Zárate			
Fresia - 10.111.25.160/28 - (.fresia.zarate.baires.dc.fi.uba.ar)			
Host	Dirección	Nombre	Dominio
R10	10.111.25.161	r10	-
R17	10.111.25.162	r11	-
R12	10.111.25.162	r12	-
R13	10.111.25.163	r13	-
Host C	10.111.25.165	hosta	hosta.baires.dc.fi.uba.ar a.baires.dc.fi.uba.ar
Geranio - 10.111.25.0/25 - (.geranio.zarate.dc.fi.uba.ar)			
Host	Dirección	Nombre	Dominio
FTP Server	10.111.25.1	ftp	ftp.baires.dc.fi.uba.ar
R12	10.111.25.1	r12	-
Hortensia - 10.61.7.128/25 - (.hortensia.zarate.baires.dc.fi.uba.ar)			
Host	Dirección	Nombre	Dominio
R7	10.61.7.129	r7	-
R9	10.61.7.130	r8	-
R10	10.61.7.131	r10	-
R11	10.61.7.132	r12	-

Table 62: Esquema de asignaciones en Zárate

5 Servicios

5.1 Webserver

Hypertext Transfer Protocol o HTTP es el protocolo usado en cada transacción de la World Wide Web. Es un protocolo orientado a transacciones y sigue el esquema petición-respuesta entre *un cliente y un servidor*. Al cliente que efectúa la petición (en general un navegador web) se lo conoce como *user agent*. A la información transmitida se la llama *recurso* y se la identifica mediante un localizador uniforme de recursos (URL). El servidor HTTP Apache es un servidor web HTTP de código abierto, para plataformas Unix (BSD, GNU/Linux, etc.) y es el que se pretende emplear, particularmente en versión 2. Se requiere para el servidor web dos configuraciones:

- Ubicar en la carpeta `/etc/apache2/` del servidor el archivo `apache2.conf` con la configuración estándar del servidor relacionada al ambiente global. Debido a que el enunciado no hace mención sobre la configuración del servidor web, se elige la configuración estándar de `apache2`.
- Ubicar en la carpeta `/var/www/` del servidor las páginas que se desean proveer a los clientes. Se ha desarrollado una página default, `index.html`.

El puerto utilizado por default es el 8080 y se configura a través del archivo `/etc/apache2/ports.conf`.

Será posible luego, para un cliente, acceder a algún recurso del servidor web, a través de una petición de consola, o a través de una request en un cliente web, solicitando al url:

`http://direccion_servidor:8080/index.html` o simplemente `http://direccion_servidor:8080/`

5.2 Telnet

Telnet es un protocolo de red que permite la comunicación remota a otro host a través de una consola de comandos. Como FTP, es un protocolo orientado a la conexión que corre bajo TCP a través de una arquitectura *Cliente-Servidor*. El puerto predeterminado de *telnet* es el 23. Debido a lo vulnerable que se vuelve el equipo que implementa este servicio, el mismo por lo general va acompañado por algún protocolo que provea de la seguridad necesaria como *ssh*.

En el caso del presente trabajo práctico, debido a que el enunciado no hace mención sobre la configuración del servidor Telnet el, mismo no realiza autenticación alguna del cliente que desea conectarse ni se encarga de encriptar la información que viaja entre el Cliente y el Servidor.

El servicio de Telnet a instalar es *telnetd*. Luego de instalar el mismo, este se debe correr a través del service dispatcher *inetd*. *inetd* es un demonio que atiende las solicitudes de conexión que llegan al equipo, llamando al servicio que deba atender al llamado de conexión en función del puerto por el cual vino la misma. En el caso de *telnet*, *inetd* llamará a este servicio cada vez que llegue una solicitud de conexión a través del puerto 23.

Para verificar que el mismo levante las conexiones *telnet* hay que asegurarse que en el archivo de configuración de *inetd* (`/etc/inetd.conf`) se encuentre la línea correspondiente a *telnet* y que la misma no se encuentre comentada. La

misma se exhibe a continuación:

```
telnet stream tcp nowait root /usr/sbin/tcpd /usr/sbin/in.telnetd
```

5.3 FTP

FTP es un protocolo de red utilizado para intercambiar archivos entre hosts. El mismo es un protocolo orientado a la conexión, implementado bajo una arquitectura *Cliente-Servidor*. El mismo corre bajo TCP y utiliza como número de puerto al realizar una conexión el 21. De entre los muchos servicios FTP existentes, se eligió utilizar el servicio **vsftpd**. El mismo se puede descargar sin problemas de los repositorios de cualquier distribución de GNU/Linux. Como cualquier servicio, luego de instalarlo el mismo es levantado cada vez que el sistema operativo bootea.

El archivo de configuración de **vsftpd** se encuentra en el directorio */etc*. Debido a que el enunciado no hace mención sobre la configuración del servidor FTP, se elige la misma de forma arbitraria. A continuación se muestra el contenido del archivo de configuración de `vsftd.conf`, obviando los comentarios de forma que queden visibles las líneas relevantes:

```
listen=YES
anonymous_enable=YES
local_enable=YES
write_enable=YES
local_umask=022
dirmessage_enable=YES
use_localtime=YES
xferlog_enable=YES
connect_from_port_20=NO
chroot_local_user=YES
secure_chroot_dir=/var/run/vsftpd/empty
pam_service_name=vsftpd
rsa_cert_file=/etc/ssl/private/vsftpd.pem
```

Muchas de los comandos aquí mostrados vienen por defecto al instalar el servicio. Sin embargo, se debe prestar atención a algunos es especial. Dado que el objetivo del TP es poder montar un servidor FTP y que los hosts conectados a la topología puedan interactuar con el mismo, se tienen en cuenta los siguientes puntos:

- Se desea que los clientes no se tengan que autenticar a la hora de realizar una conexión con el servidor. De esta forma, es necesario que en el archivo de configuración se encuentre la línea `anonymous_enable=YES`.
- Debido a que las pruebas del presente trabajo se van a realizar en un laboratorio, es necesario que el servidor FTP permita la conexión de host locales. Esto se especifica a partir de la línea `local_enable=YES`.
- Se desea que el cliente pueda subir archivos al servidor cuando el mismo lo desee. Para darle este beneficio, es necesario que en el archivo de configuración se encuentre la línea `write_enable=YES`.

- Se desea aprisionar (Chroot Jail) al cliente en el directorio en el cual se loguea el mismo. Esta decisión es totalmente arbitraria y simplemente fue colocada para probar algunas funcionalidades provistas por **vsftpd**. La principal funcionalidad de que un cliente se encuentre en una *Chroot Jail* consiste en que el mismo no pueda subir a directorios superiores al que le fue asignado y pueda alterar datos de otro usuario o de la máquina servidora en sí. De esta forma, para aprisionar al cliente en su carpeta de logeo se debe agregar al línea *chroot_local_user=YES*.

Las líneas que no se mencionan que se encuentran en el archivo de configuración o bien no son lo suficientemente relevantes para ser explicadas, o bien no fueron investigadas o testeadas a fondo como para realmente saber la importancia de las mismas. Se dejan las mismas dado que el servidor funciona con las mismas.

6 Tunnel VPN

Puesto que los servicios (como el servidor Web, Telnet, FTP y DNS) así como también una serie de hosts particulares (Host A, B y C) se deben correr en computadoras separadas a la que se simula la topología con GNS3, se debió buscar un mecanismo que permita comunicar todas las computadoras, sin alterar a su vez la red global sobre la cual se realizan las simulaciones.

Dicho mecanismo fue el de implementar una serie de VPNs (Virtual Private Networks) entre la computadora sobre la cual se simula la topología y el resto de las terminales.

Una VPN es una tecnología de red que permite una extensión segura de una red local, la cual se encuentra corriendo sobre una red global (en nuestro caso la red de la facultad). Se dice que es una extensión segura puesto que una vpn debe garantizar:

- Autenticación
- Integridad
- Confidencialidad
- No repudio

Sin embargo, dado que en nuestro caso el objetivo de la vpn es no inundar la red global con paquetes propios (por ejemplo paquetes ARP de la simulación), solo se utilizó la vpn como un mecanismo de tunneling y no se aplicó ningún método de encriptación.

Para la implementación de la vpn, se optó por usar OpenVPN, el cual es un daemon basado en OpenSSL, el cual soporta, seguridad SSL/TLS, ethernet bridging, tunneling TCP o UDP, entre otros. Como se mencionó anteriormente, el objetivo principal de la vpn en nuestro caso es el de generar un tunel que permita regular el tráfico que la topología envía a la red global.

Para simplificar el diseño, en la máquina donde se ejecuta la topología, se crearon dispositivos tap con números fijos para cada una de las terminales necesarias (WebServer, Host A, DNS1, etc). Una vez creados los tap, en la topología se colocó un dispositivo *Cloud* que representase a cada terminal y se le asignó a cada uno el tap correspondiente. A continuación se muestra la tabla 63 con la configuración resultante de el número de tap y el puerto por el cual se comunican las computadoras.

La configuración del lado de las terminales es mucho más simple, puesto que solo es necesario que exista un único tap creado por vez, de acuerdo al servicio o host que se este simulando en el momento. Para conectar dicha terminal con la topología solo basta crear un dispositivo tap al cual se le indica la dirección IP de la computadora corriendo la topología y el número de puerto al que se debe conectar, así como también la dirección IP y máscara que dicho dispositivo debe tener en la red simulada.

Terminal	Dispositivo	Puerto
DNS1	tap1	1195
DNS2	tap2	1196
DNS Root	tap3	1197
FTP Server	tap4	1198
Web Server	tap5	1199
Telnet Server C	tap6	1200
Telnet Server E	tap7	1201
Host A	tap8	1202
Host B	tap9	1203
Host C	tap10	1204

Table 63: Tabla de las VPNs

References

- [1] “Internet Standard Subnetting Procedure” RFC 950, 1985. Mogul, J., Postel, J..
- [2] “Virtual Router Redundancy Protocol” RFC 3768. R. Hinden.
- [3] “DNS for Rocket Scientists” <http://www.zytrax.com/books/dns>
- [4] “Linux Man page”