

---

# ÍNDICE GENERAL

<b>Índice de cuadros</b>	<b>XIII</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>XV</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	2
1.3. Metodología . . . . .	2
1.4. Herramientas y medios . . . . .	3
1.5. Contexto . . . . .	3
1.6. Publicaciones . . . . .	4
1.7. Esquema de la tesis doctoral . . . . .	5
<b>2. Antecedentes y Estado del Arte</b>	<b>7</b>
2.1. Evolución de los Operadores Móviles Virtuales . . . . .	7
2.1.1. Modelos de Negocio de MVNO en redes 3G y 4G . . . . .	8
2.1.2. MVNOs en redes 4G . . . . .	11
2.2. Redes 5G . . . . .	12
2.2.1. Network Slicing . . . . .	15

2.3.	Propuestas de modelos de negocio en 5G . . . . .	18
2.3.1.	Modelos de Negocio Multi-MNO . . . . .	20
2.3.2.	Modelos de negocio basados en la compartición de recursos entre MNO y MVNO	21
2.4.	Conclusiones . . . . .	23
<b>3.</b>	<b>Herramientas para el Análisis y Descripción de los Modelos de Negocio</b>	<b>25</b>
3.1.	Herramientas para el Análisis de los Modelos de Negocio . . . . .	26
3.1.1.	Representación las preferencias de los actores . . . . .	26
3.1.2.	Teoría de los Juegos para la toma de decisiones . . . . .	28
3.2.	Modelo de Negocio Multi-MNO . . . . .	31
3.3.	Modelo Negocio de Compartición de Infraestructura entre un MNO y un MVNO . . . . .	32
3.4.	Características de los Modelos de Negocio . . . . .	32
3.4.1.	Características del Modelo de Negocio Multi-MVNO . . . . .	32
3.4.2.	Características del Modelo de Negocio de Compartición de Infraestructura entre un MNO y un MVNO . . . . .	33
3.5.	Conclusiones . . . . .	33
<b>4.</b>	<b>Viabilidad económica de un modelo de Negocio Multi–MVNO</b>	<b>35</b>
4.1.	Descripción del Modelo . . . . .	35
4.1.1.	Modelo del Sistema . . . . .	36
4.1.2.	Modelo Económico . . . . .	37
4.1.3.	Juego Estratégico . . . . .	38
4.2.	Análisis . . . . .	39
4.2.1.	Análisis del Modelo Multi-MNO MVNO . . . . .	39
4.2.2.	Análisis del Modelo de un solo-MNO . . . . .	43
4.3.	Resultados y Discusión . . . . .	45
4.3.1.	Costos de Inversión de los MNOS con $K_1 = K_2$ . . . . .	46
4.3.2.	Costos de Inversión de los MNOs con $0 < K_1 < 1$ y $K_2 = 0,45$ . . . . .	48
4.3.3.	Costos de Inversión de los MNOs con $0 < K_2 < 1$ y $K_1 = 0,45$ . . . . .	50

4.3.4.	Comparación entre los modelos Multi-MNO MVNO y un solo-MNO . . . . .	52
4.4.	Conclusiones . . . . .	55
<b>5.</b>	<b>Viabilidad económica de modelos de negocio de compartición de Infraestructura entre UN MNO y UN MVNO</b>	<b>57</b>
5.1.	Descripción del Modelo . . . . .	58
5.1.1.	Modelo del Sistema . . . . .	58
5.1.2.	Modelo Económico . . . . .	59
5.1.3.	Modelo del Juego . . . . .	60
5.2.	Análisis . . . . .	63
5.2.1.	Análisis Etapa II . . . . .	63
5.2.2.	Análisis de la Etapa I . . . . .	68
5.3.	Análisis de Escenarios con $\alpha_1 = \alpha_2$ y $\delta = 0$ para el Modelo de Negocio <i>Estratégico</i> . . . . .	69
5.3.1.	Escenario de Compartición Igualitaria de Recursos (“Pooling”) . . . . .	69
5.3.2.	Compartición Prioritaria . . . . .	69
5.3.3.	Análisis de los Escenarios . . . . .	70
5.3.4.	Resultados del Análisis de Escenarios de compartición con $\alpha_1 = \alpha_2$ y $\delta = 0$ . . . . .	72
5.4.	Análisis de los Modelos de Negocio <i>Monopólico</i> y <i>Estratégico</i> con $\alpha_1 \neq \alpha_2$ y $\delta > 0$ . . . . .	76
5.4.1.	Modelo de Negocio Monopolístico . . . . .	77
5.4.2.	Modelo de Negocio Estratégico . . . . .	84
5.4.3.	Factibilidad de los Modelos de Negocio . . . . .	93
5.5.	Conclusiones . . . . .	97
<b>6.</b>	<b>Conclusiones y Trabajos Futuros</b>	<b>101</b>
6.1.	Conclusiones . . . . .	101
6.1.1.	Principales contribuciones . . . . .	102
6.1.2.	Trabajos futuros . . . . .	103
	<b>Bibliografía</b>	<b>105</b>

<b>Glosario de Términos</b>	<b>115</b>
<b>Nomenclatura</b>	<b>117</b>

---

# ÍNDICE DE CUADROS

4.1. Valores de los parámetros para los cálculos numéricos. . . . .	46
4.2. Valores de parámetros para los cálculos numéricos . . . . .	48
4.3. Valores de parámetros para los cálculos numéricos. . . . .	50
4.4. Valores de parámetros para los cálculos numéricos. . . . .	52
5.1. Equilibrio de Wardrop para la suscripción de los usuarios . . . . .	68
5.2. Decisión de Suscripción de los usuarios - Escenario Compartición Igualitaria de Recursos	70
5.3. Decisión de Suscripción de los usuarios-Escenario de Compartición Prioritaria . . . . .	71



---

# ÍNDICE DE FIGURAS

2.1. Modelos de Negocio de MVNO [1] . . . . .	9
3.1. Descripción de las etapas del Juego. . . . .	29
3.2. Representación del NE . . . . .	30
3.3. Modelo Multi-MNO MVNO - Modelo del Sistema: Tasa media de arribo de los usuarios ( $\lambda$ ), MVNO factor de división del tráfico ( $\alpha_i$ ), Tasa media de arribo de paquetes al MNO $_i$ ( $\lambda_i$ ), Capacidad del MNO $_i$ ( $\mu_i$ ), Precio del servicio del MVNO ( $p$ ), Tarifa pagada por el MVNO al MNO ( $\delta$ ), Flujo de Tráfico de la red $\rightarrow$ ), Flujo de los precios y tarifas $\rightarrow\rightarrow$ ). . . . .	33
3.4. Modelo de Compartición de Infraestructura entre un MNO y un MVNO - Modelo del Sistema . . . . .	34
4.1. Descripción de las etapas del Juego. . . . .	39
4.2. Modelo de un solo-MNO. . . . .	43
4.3. Capacidad de Red de los MNOs como función de $K_i$ . . . . .	46
4.4. $\alpha_1^*$ y $\lambda^*$ como una función de $K_i$ . . . . .	47
4.5. Beneficios de los MNOs en función de $K_i$ . . . . .	47
4.6. Capacidad de Red de los MNOs en función de $K_1$ con $K_2 = 0,45$ . . . . .	48
4.7. $\alpha_1^*$ y $\lambda^*$ en función de $K_1$ con $K_2 = 0,45$ . . . . .	49
4.8. Beneficios de los MNOs en función de $K_1$ y $K_2 = 0,45$ . . . . .	49
4.9. Capacidad de red de los MNOs en función de $K_2$ con $K_1 = 0,45$ . . . . .	50

4.10. $\alpha_1^*$ y $\lambda^*$ en función de $K_2$ con $K_1 = 0,45$ . . . . .	51
4.11. Beneficios de los MNOs en función de $K_2$ con diferentes valores de $q$ y $K_1 = 0,1$ , $p = 0,08$ , $c = 1$ . . . . .	52
4.12. Capacidad de red de los MNO $i$ 's en función de $K_1$ con $K_2 = 0,45$ . . . . .	53
4.13. Capacidad de red de los MNOs y MVNO en función de $K_1$ con $K_2 = 0,45$ . . . . .	53
4.14. Beneficios de los MNOs en el equilibrio. . . . .	54
4.15. Beneficios del MVNO en equilibrio en función $K$ con $K_2 = 0,45$ . . . . .	55
5.1. Casos y regiones del Equilibrio de Wardrop para $\gamma = 1/10$ y $\alpha_1 = \alpha_2 = 0,8$ . . . . .	66
5.2. Casos y regiones del Equilibrio de Wardrop para $\gamma = 1/10$ , $\alpha_1 = 0,2$ y $\alpha_2 = 0,8$ . . . . .	66
5.3. Casos y regiones del Equilibrio de Wardrop para $\gamma = 1/2$ y $\alpha_1 = \alpha_2 = 0,8$ . . . . .	67
5.4. Casos y regiones del Equilibrio de Wardrop para $\gamma = 1/2$ , $\alpha_1 = 0,2$ y $\alpha_2 = 0,8$ . . . . .	67
5.5. Precios de los usuarios del MNO en el Modelo de Compartición Prioritaria y para el Modelo Básico en función de $\gamma$ para diferentes valores de $\alpha$ . . . . .	73
5.6. Precios de los usuarios del MVNO en el Modelo de Compartición Prioritaria y para el Modelo Básico en función de $\gamma$ para diferentes valores de $\alpha$ . . . . .	73
5.7. Número de usuarios del operador 1 en el Modelo de Compartición Prioritaria y para el Modelo Básico en función de $\gamma$ para diferentes valores de $\alpha$ . . . . .	74
5.8. Número de usuarios del operador 2 en el Modelo de Compartición Prioritaria y para el Modelo Básico en función de $\gamma$ para diferentes valores de $\alpha$ . . . . .	75
5.9. Beneficio del operador 1 y operador 2 como función de $\gamma$ para diferentes valores $\alpha$ . . . . .	75
5.10. $\Pi_1^* + \Pi_2^*$ y beneficios del operador 1 para el Modelo de Negocio Básico como una función $\gamma$ para diferentes valores de $\alpha$ . . . . .	76
5.11. Precio $p_{1m}^*$ como una función de $1 - \gamma$ para diferentes valores de $\alpha$ (modelo monopolístico) . . . . .	78
5.12. Número de usuarios $n_{1m}^*$ en función de $1 - \gamma$ para diferentes valores de un $\alpha$ común (Modelo Monopolístico) . . . . .	79
5.13. Número total de usuarios en función de $\gamma$ para diferentes valores de un $\alpha$ común (Modelo Monopolístico) . . . . .	79
5.14. Beneficios del operador 1 $\Pi_m^*$ como una función de $\gamma$ para diferentes valores de un $\alpha$ común (Modelo Monopolístico) . . . . .	80
5.15. Precio $p_{1m}^*$ como una función de $1 - \gamma$ para diferentes valores de $\alpha_1$ y $\alpha_2$ (Modelo Monopolístico) . . . . .	81

5.16. Precio $p_{2m}^*$ como una función de $\gamma$ para diferentes valores de $\alpha_1$ y $\alpha_2$ (Modelo Monopólico) . . . . .	81
5.17. Número de Usuarios $n_{1m}^*$ como función de $1-\gamma$ para diferentes valores $\alpha_1$ y $\alpha_2$ (Modelo Monopólico) . . . . .	82
5.18. Números de usuarios $n_{2m}^*$ como función de $\gamma$ para diferentes valores de $\alpha_1$ y $\alpha_2$ (Modelo Monopólico) . . . . .	83
5.19. Número total de usuarios como función de $\gamma$ para diferentes valores de $\alpha_1$ y $\alpha_2$ (monopólico) . . . . .	83
5.20. Beneficios del MNO $\Pi_m^*$ en función de $\gamma$ para diferentes valores de $\alpha_1$ y $\alpha_2$ (Modelo Monopólico) . . . . .	84
5.21. Precio $p_1^*$ como una función de $1-\gamma$ para diferentes valores de $\delta$ (Modelo Estratégico) . . . . .	85
5.22. Precio $p_2^*$ como una función de $\gamma$ para diferentes valores de $\delta$ (Modelo Estratégico) . . . . .	86
5.23. Número de Usuarios $n_1^*$ como función de $1-\gamma$ para diferentes valores de $\delta$ (Modelo Estratégico) . . . . .	87
5.24. Número de Usuarios $n_2^*$ como función de $\gamma$ para diferentes valores de $\delta$ (Modelo Estratégico) . . . . .	87
5.25. Número total de usuarios como una función de $\gamma$ para diferentes valores de $\delta$ (Modelo Estratégico) . . . . .	88
5.26. Beneficios del operador 1 $\Pi_1^*$ como función de $1-\gamma$ para diferentes valores de $\delta$ (Modelo Estratégico) . . . . .	89
5.27. Beneficios del MVNO $\Pi_2^*$ como función de $\gamma$ para diferentes valores de $\delta$ (Modelo Estratégico) . . . . .	89
5.28. Precio $p_1^*$ como función de $1-\gamma$ para diferentes valores de $\alpha_2$ (Modelo Estratégico, $\alpha_1 = 0,6, \delta = 0,15$ ) . . . . .	90
5.29. Precio $p_2^*$ como función de $\gamma$ para diferentes valores $\alpha_2$ (Modelo Estratégico, $\alpha_1 = 0,6, \delta = 0,15$ ) . . . . .	90
5.30. Número de usuarios $n_1^*$ como una función de $1-\gamma$ para diferentes valores de $\alpha_2$ (Modelo Estratégico, $\alpha_1 = 0,6, \delta = 0,15$ ) . . . . .	91
5.31. Número de usuarios $n_2^*$ como función de $\gamma$ para diferentes valores de $\alpha_2$ (Modelo Estratégico, $\alpha_1 = 0,6, \delta = 0,15$ ) . . . . .	92
5.32. Número total de usuarios como función de $\gamma$ para diferentes valores de $\alpha_2$ (Modelo Estratégico, $\alpha_1 = 0,6, \delta = 0,15$ ) . . . . .	92
5.33. Beneficios del operador 1 $\Pi_1^*$ como función $1-\gamma$ para diferentes valores de $\delta$ (Modelo Estratégico) . . . . .	93

5.34. Beneficios del operador 2 $\Pi_2^*$ como función de $\gamma$ para diferentes valores de $\delta$ (Modelo Estratégico) . . . . .	94
5.35. $\Pi_1^* + \Pi_2^*$ y $\Pi_m^*$ como una función de $\gamma$ para $\alpha_1 = 0,6$ , $\alpha_2 = 0,4$ y diferentes valores de $\delta$	96
5.36. $\Pi_1^* + \Pi_2^*$ y $\Pi_m^*$ como una función de $\gamma$ para $\alpha_1 = 0,6$ , $\alpha_2 = 0,6$ y diferentes valores de $\delta$	96
5.37. $\Pi_1^* + \Pi_2^*$ y $\Pi_m^*$ como una función de $\gamma$ para $\alpha_1 = 0,6$ , $\alpha_2 = 0,8$ y diferentes valores de $\delta$	97
5.38. $n_1^* + n_2^*$ en los modelos de negocio estratégico y monopolístico como una función de $\gamma$ para $\alpha_1 = 0,6$ , $\alpha_2 = 0,4$ y diferentes valores de $\delta$ . . . . .	98
5.39. $n_1^* + n_2^*$ en los modelos de negocio estratégico y monopolístico como una función de $\gamma$ para $\alpha_1 = 0,6$ , $\alpha_2 = 0,6$ y diferentes valores de $\delta$ . . . . .	98
5.40. $n_1^* + n_2^*$ en los modelos de negocio estratégico y monopolístico como una función de $\gamma$ para $\alpha_1 = 0,6$ , $\alpha_2 = 0,8$ y diferentes valores de $\delta$ . . . . .	99