

## **ANEJO Nº 05.- ANÁLISIS FUNCIONAL**



**ÍNDICE**

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- MODELIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	1
2.1.- OFERTA FERROVIARIA ACTUAL .....	1
2.2.- INFRAESTRUCTURA.....	1
2.3.- MATERIAL RODANTE .....	2
2.3.1.- Tráfico de mercancías:.....	2
2.3.2.- Tráfico de Viajeros .....	5
2.4.- SIMULACIONES SITUACIÓN ACTUAL.....	6
3.- MODELIZACIÓN DE LA FASE 1. MÁXIMA CAPACIDAD.....	6
3.1.- ESCENARIO DE SIMULACIÓN .....	6
3.2.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN .....	8
4.- MODELIZACIÓN DE LA FASE FINAL. MÁXIMA CAPACIDAD. ....	15
4.1.- ESCENARIO DE SIMULACIÓN .....	15
4.2.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN .....	16
5.- COMPARACIÓN FASE 1 Y FASE FINAL. ....	24
6.- PROPUESTA DE CIRCULACIONES FASE FINAL .....	25
6.1.- ESCENARIO DE SIMULACIÓN.....	25
6.2.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN .....	25
7.- CONCLUSIONES.....	31



## 1.- INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es analizar la capacidad máxima de la infraestructura de la Línea 06-144, San Juan de Nieva – Villabona de Asturias, desde la estación de Villalegre a San Juan de Nieva, en la fase final del estudio, con la nueva disposición de Avilés Central, la estación Intermodal, el soterramiento urbano y la doble vía hasta la mencionada estación intermodal.

Mediante la aplicación del software OpenTrack se va a desarrollar, en primer lugar, la simulación de la situación actual de la línea, con el objeto de ajustar el modelo al actual funcionamiento de esta.

En una segunda fase se ajustará la infraestructura a la situación futura prevista y se analizará la capacidad máxima con la nueva configuración, así como una propuesta realista de horarios de trenes adaptada a la nueva configuración de estaciones.

Es preciso destacar que no se analizará la línea de ancho métrico ya que en la imagen definitiva una vez ejecutadas las obras objeto del presente Estudio Informativo, el esquema funcional será muy similar al existente.

## 2.- MODELIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

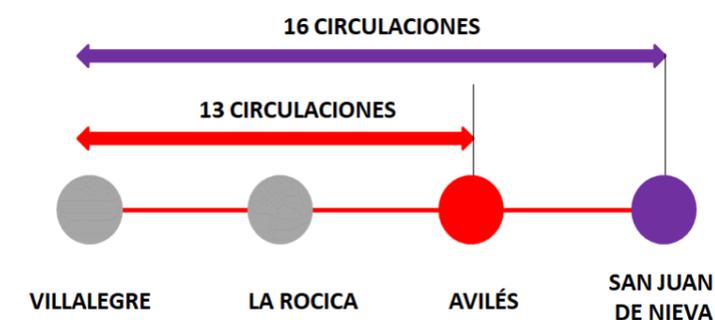
### 2.1.- OFERTA FERROVIARIA ACTUAL

Los servicios de viajeros que hacen uso de la línea Villalegre-San Juan de Nieva son los correspondientes a la línea C3 de Cercanías de ancho ibérico, que circulan entre Llamaquique y San Juan de Nieva.

Actualmente esta línea presenta 29 circulaciones por sentido en día laborable, de las cuales 16 llegan o salen hasta la estación de San Juan de Nieva, finalizando las 13 restantes en Avilés.

El intervalo de paso entre circulaciones en Avilés es de aproximadamente 30 minutos en los periodos punta (06-11h, 13-17h y 18-22h) y de aproximadamente 60 minutos en el resto del día.

En la hora de máxima punta (7h30-8h30), la adición de un servicio semidirecto reduce el intervalo de paso medio promedio a 20 minutos, al circular 3 servicios por sentido en una hora.



### 2.2.- INFRAESTRUCTURA

Para poder realizar una modelización lo suficientemente ajustada a la realidad de la línea es necesario conocer su infraestructura. En el caso que nos ocupa, Línea 06-144, San Juan de Nieva – Villabona de Asturias, en ancho ibérico, donde el ámbito de actuación comienza en la estación de Villalegre y finaliza en la estación de San Juan de Nieva, se dispone de la información acerca de la misma en la situación actual a partir del programa ISTRAM y se obtienen los parámetros necesarios para el estudio de capacidad.

Partiendo de la información disponible, tanto en planta como en alzado, para la modelización del trazado se introducen todas las alineaciones con el objetivo de realizar la simulación de marchas de la forma más fidedigna posible, completando la información con las velocidades máximas de los tramos que figuran en los Cuadros de Velocidades Máximas de la línea.

**Tabla 1. Velocidades máximas según Cuadro de Velocidades Máximas y Libros Horarios**

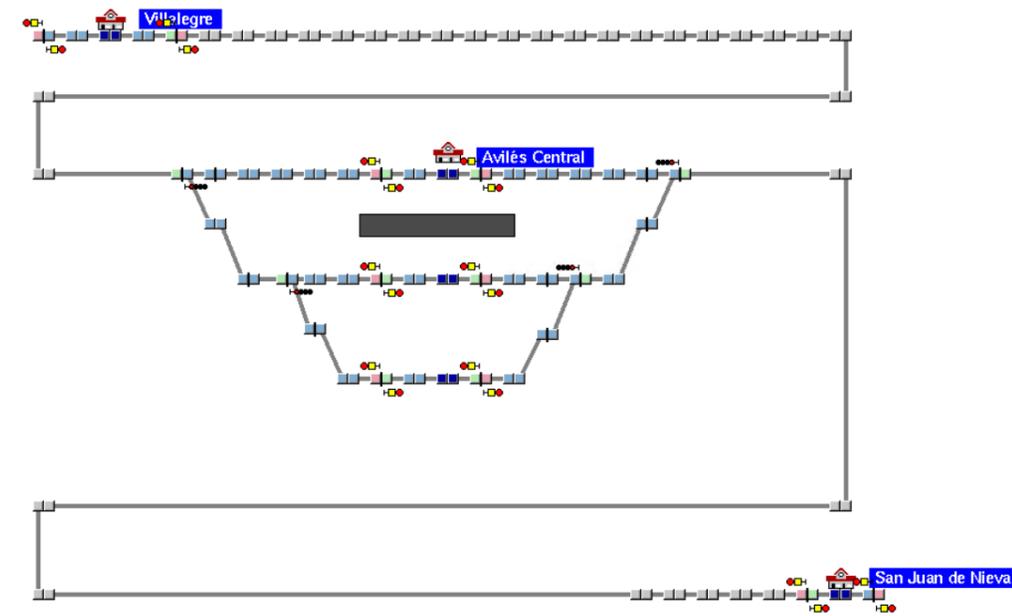
Origen	Destino	Velocidad máxima (CVM)
Villalegre	Avilés Central	75
Avilés Central	P.K. 18,5	105
P.K. 18,5	San Juan de Nieva	140

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente se ha modelizado la infraestructura atendiendo también a los esquemas de las estaciones y a los aparatos y juntas existentes a lo largo de la vía, adaptando las velocidades a su paso por ellas.

Para llevar a cabo la simulación de las marchas mediante el software OpenTrack ha sido necesario realizar un proceso de conversión de los datos a Excel, cuyo resultado final engloba la información acerca de la infraestructura que OpenTrack utiliza para generar cada uno de los vertex y edges que dan lugar a la infraestructura dentro del programa. Se muestra a continuación cómo queda representada la infraestructura en el software de OpenTrack de la situación actual.

**Figura 1. Infraestructura en OpenTrack**



### 2.3.- MATERIAL RODANTE

Debido a la coexistencia en la línea de tráficos de viajeros y tráficos de mercancías será necesario, de cara a la modelización, analizar cada uno de estos tipos de trenes.

#### 2.3.1.- Tráfico de mercancías:

Para conformar el tipo de tren a simular, se ha utilizado el vagón de la serie Lgss, con número UIC 24 71 443 7 XXX-X, como vagón tipo para el análisis. Las características de este tipo de vagón son:

**Tabla 2. Características del vagón tipo**

Vagones		
Serie	-	Lgss
Número UIC	-	24 71 443 7 XXX-X
Descripción	-	Plataforma 45' - 22,5 t
Longitud entre topes	m	15,08
Tara	t	12,2
Carga máxima del vagón	t	27,8
Número de ejes	ud	2
Tara + carga máxima del vagón	t	40
Carga máxima por eje	t	20
Carga media habitual	t	22,24
Carga media s/ máx	%	80
Tara + carga habitual del vagón	t	34,44

**Fuente: Elaboración propia**

En lo que respecta a la tracción, se ha empleado la locomotora eléctrica de la Serie 251 que, según los Libros Horarios de 2018, es la que opera actualmente en la línea. A continuación, se presentan las características obtenidas de la ficha de la locomotora S251.

**Figura 2. Locomotora S251**



**Tabla 3 – Características de la locomotora S251**

Característica	Unidad	Locomotora S251
Constructor	-	MELCO, CAF, MACOSA, WESA Y GEE
Construcción	-	1982/1984
Velocidad máxima	km/h	100
Ancho de vía	mm	1.668
Potencia	kW/cv	4.650/6.380
Tensión nominal	v	3.000
Masa/Tara	t	138
Mando múltiple	-	No
Longitud entre topes	mm	20.700
Ancho de la caja	mm	3.190
Altura máxima	mm	4.280
Tipo de bogies	-	bbb (monomotor y birreductor)
Motor Tracción	-	(3) dobles tipo mb 3200 b3 de 1.550 kW
Freno neumático	-	aire comprimido (y vacío en origen)
Freno eléctrico	-	reostático
Freno estacionamiento	-	a los 2 ejes de los bogies extremos
Registrador	-	memotel
Señalización	-	asfa convencional

**Fuente: Elaboración propia a partir de datos de vía libre**

Se muestra a continuación la tabla que indica la carga máxima para los diferentes tipos de locomotoras según las milésimas de rampa. Para el sentido San Juan de Nieva – Villalegre, la rampa característica es de 22‰.

**Figura 3. Cuadro de Cargas Máximas.**

Rampa Caract.	SERIES DE LOCOMOTORAS ELÉCTRICAS					
	251 V	251 M	252	253	253 D. T.	253 D. T. Gancho Alta Resistencia
20	770	1150	810	1000	1530	1800
21	730	1100	780	920	1460	1660
22	700	1050	750	890	1400	1610

A partir de la tabla anterior se pueden obtener las cargas máximas transportables por las locomotoras de las series S251 de RENFE Mercancías. El documento Cuadro de Cargas Máximas de ADIF afirma que, para el caso de doble tracción se asumirá como carga máxima transportable el 90% de la carga máxima que sería capaz de transportar cada locomotora en caso de hacerlo en simple tracción.

En base a lo expuesto anteriormente, se configuran los siguientes trenes a simular:

**Tabla 4 – Características del tren de mercancías a simular**

Locomotora S251	
Tracción simple	
Locomotora	1 locomotora 251
Plataformas	30 plataformas 24 71 443 7 XXX-X
Longitud del tren	473,44 metros
Carga habitual	80% de la carga máxima
Tara + carga habitual	1.171 tn (138 + 30 · 34,44)
Toneladas Brutas Remolcadas	1033 tn (30 · 34,44)
Carga transportada habitual	667 tn (30 · 22,24)
Tracción doble	
Locomotora	2 locomotoras 251
Plataformas	46 plataformas 24 71 443 7 XXX-X
Longitud del tren	736 metros
Carga habitual	80% de la carga máxima
Tara + carga habitual	1.860 tn (276 + 46 · 34,44)
Toneladas Brutas Remolcadas	1584 (46 · 34,44)
Carga transportada habitual	1.032 tn (46 · 22,24)

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.- Tráfico de Viajeros

Para el tráfico de viajeros se simula con trenes de viajeros en material convencional de las series R-440 y R-470 de Renfe, siendo la segunda una remodelación integral de los trenes de la R-440. La principal diferencia entre ambas series es la dotación de aire acondicionado y el interiorismo, es decir, a efectos de tracción no existe diferencia entre estos trenes.

**Figura 4 Renfe R-470**



Fuente: **Vivireltren**

Las principales características del tren de viajeros son las expuestas a continuación:

**Tabla 5 Características tren de viajeros**

Característica	Unidad	Tren
		R-440/R-470
Constructor principal	-	CAF, TRC
Composición	-	4 unidades (M - Ri - Rc). 12 coches
Ancho de vía	mm	1668
Tensión	kV cc	3
Velocidad máxima	km/h	140
Tipo de motor	-	MB-3165-A2/B/C
Potencia continua por tren	kW	1160
Esfuerzo en arranque	kN	90
Esfuerzo a velocidad máxima	kN	26
Freni de estacionamiento	-	Hidromecánico accionable por husillo
Freno dinámico	-	Reostático
Freno neumático	-	Aire comprimido
Sistemas de señalización	-	Tren tierra analógico y ASFA
Longitud total del tren	m	79,59
Ancho máximo del tren	m	2,9
Carga por eje	tn	17,2
Masa del tren con carga máxima	tn	204,917

Fuente: **RENFE**

En este caso, la ficha no aporta información acerca de la curva de tracción. Por tanto, para dicha simulación, se han utilizado ciertas simplificaciones e hipótesis que permiten estimar dicha curva de tracción necesaria con mucha precisión.

Se ha obtenido el gráfico del esfuerzo tractor-velocidad a partir de las siguientes ecuaciones, poniendo como condición que en ningún momento se pueda superar el esfuerzo tractor máximo:

$$F_{s\ 100} = \min (F_{max}, F_{T,pot})$$

$$F_{max}: 220\text{ kN}$$

$$F_{T,pot} (kN) = \frac{P (kW)}{v (m/s)} = \frac{9800}{v (m/s)}$$

Tabulando el resultado de este procedimiento para las diferentes velocidades que puede alcanzar la locomotora, en el intervalo [0,300] (km/h) se obtienen los valores del esfuerzo tractor de la locomotora con bastante exactitud.

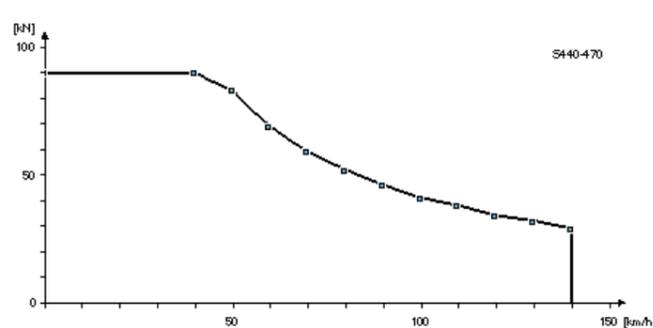
**Tabla 6 Cálculo de la curva de esfuerzo tractor en los trenes R-440 y R470**

Curva esfuerzo tractor S440/470					
V (km/h)	v (m/s)	P (kW)	Fmax (kN)	Ft (kN)	F (kN)
0	0,0	1160	90	-	90,0
10	2,8	1160	90	417,6	90,0
20	5,6	1160	90	208,8	90,0
30	8,3	1160	90	139,2	90,0
40	11,1	1160	90	104,4	90,0
50	13,9	1160	90	83,5	83,5
60	16,7	1160	90	69,6	69,6
70	19,4	1160	90	59,7	59,7
80	22,2	1160	90	52,2	52,2
90	25,0	1160	90	46,4	46,4
100	27,8	1160	90	41,76	41,8
110	30,6	1160	90	38,0	38,0
120	33,3	1160	90	34,8	34,8
130	36,1	1160	90	32,1	32,1
140	38,9	1160	90	29,8	29,8

Fuente: **Elaboración propia**

Resultando la curva:

**Figura 5 Curva de tracción de la locomotora R-4407R-470**



Fuente: Elaboración propia

## 2.4.- SIMULACIONES SITUACIÓN ACTUAL

A partir de los datos anteriores se han realizado las simulaciones de marcha de los distintos tipos de tren, utilizando el software OpenTrack.

En primer lugar, se ha comparado el tiempo de recorrido de los trenes de mercancías en tracción simple y doble para ver cuál es el más restrictivo con una “performance” del 100%. Según los valores mostrados en la siguiente tabla, las simulaciones se realizarán con trenes de tracción simple por arrojar los tiempos más desfavorables.

**Tabla 7. Comparación de tiempos en trenes de mercancías**

Mercancías	Tiempo
Tracción simple	00:05:50
Tracción doble	00:05:20

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizadas las simulaciones se presentan los resultados de los tiempos de viaje resultantes para el itinerario Villalegre – San Juan de Nieva (itinerario del cual se conocen tiempos de viaje actuales con precisión y permite una correcta y ajustada

comparación), habiéndose considerado los tiempos de parada en las estaciones intermedias.

**Tabla 8. Obtención de “performances”**

Mercancías	Real	60%	65%	70%
S251	00:08:30	00:08:50	00:08:20	00:07:30

Viajeros	Real	70%	75%	80%
R-440/R-470	00:08:00	00:10:50	00:08:30	00:07:30

Fuente: Elaboración propia

Los resultados que aparecen en las columnas corresponden con la “performance” de simulación, es decir, cómo se adapta la conducción del maquinista a las velocidades máximas, siendo el 100% de performance una conducción óptima por parte del maquinista.

A la vista de los resultados obtenidos de las simulaciones se decide tomar como criterio de simulación una “performance” del 75% para viajeros y del 65% para mercancías.

## 3.- MODELIZACIÓN DE LA FASE 1. MÁXIMA CAPACIDAD.

### 3.1.- ESCENARIO DE SIMULACIÓN

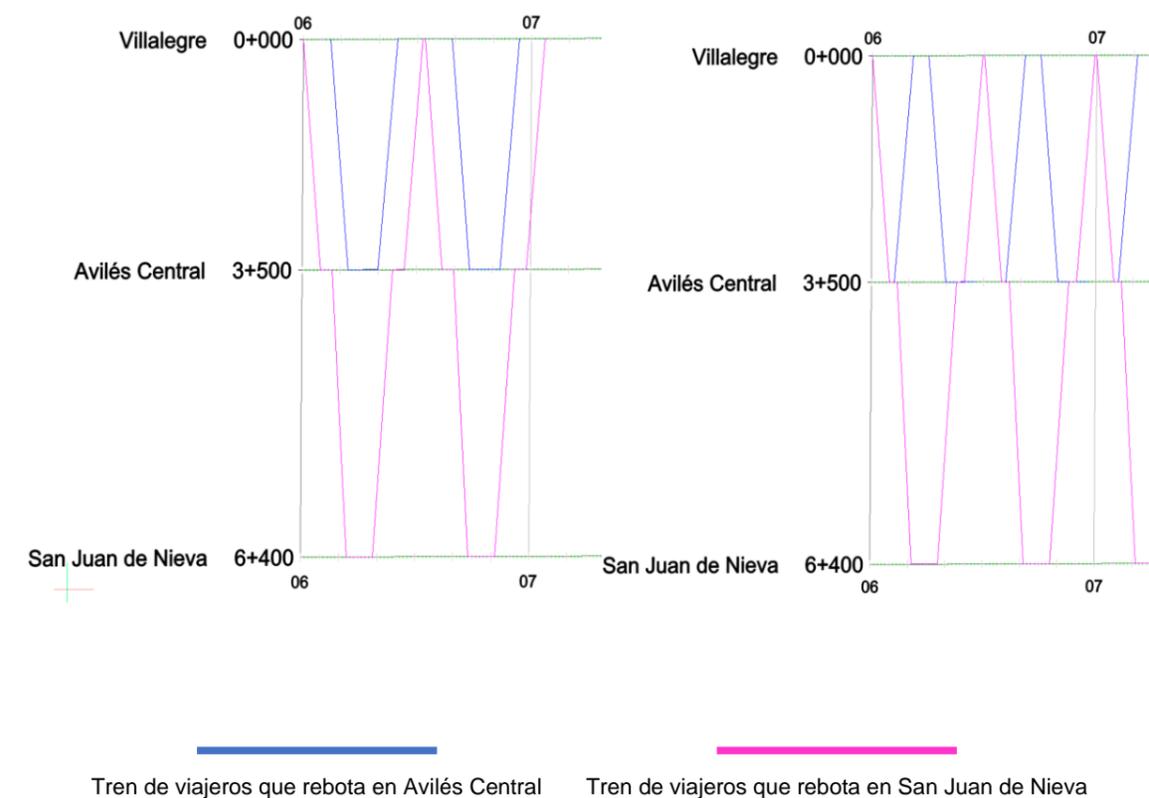
El objeto de esta simulación es la obtención de la malla de máxima capacidad de la línea en la Fase I, es decir, con la nueva disposición de la estación de Avilés Central y el soterramiento urbano. Para poder realizar un análisis preciso resulta imprescindible conocer de forma detallada las configuraciones funcionales que se están considerando.

Los criterios de simulación son:

- Esquema de servicios con cruces en Avilés Central y Villalegre.
- La mitad de las circulaciones de viajeros “rebotan” en Avilés central y la otra mitad en la estación de San Juan de Nieva, intercalándose entre ellos.

- El tiempo de rebote mínimo es de 7 minutos, considerando la progresiva implantación del sistema ERTMS. Este tiempo se podrá aumentar para obtener un servicio cadenciado.
- El tiempo de parada considerado para los Cercanías es de 2 minutos, incluyendo en este tiempo de parada un tiempo colchón para absorber posibles retrasos.
- Los criterios de distribución de los servicios a lo largo del día son:
  - Servicio de viajeros de 06:00-22:00, donde en las horas punta (06:00-10:00 y 16:00-20:00) solo circulan éstos, en el resto se intercalan con circulaciones de mercancías.
  - De 22:00-01:00 y 04:00-06:00 solo hay circulaciones de trenes de mercancías.
  - Banda de mantenimiento de 1:00 a 4:00.
- Basándonos en estos criterios se estudia la capacidad máxima.
- En primer lugar, a partir de una simulación de marchas en OpenTrack en la que se han obtenido los tiempos de recorrido, se estudian dos posibles formas de explotación.

**Figura 6. Croquis malla Villalegre-San Juan de Nieva, posibles opciones Fase 1.**



En el primer caso, el intervalo de tiempo entre circulaciones con rebote en San Juan de Nieva es de 32 minutos, al igual que el intervalo de tiempo con rebote en Avilés Central. Pero en conjunto, los tiempos entre circulaciones sucesivas no son uniformes.

En el segundo caso, el intervalo entre circulaciones es de 15 minutos, intercalándose aquellos Cercanías que rebotan en San Juan de Nieva con los que rebotan en Avilés Central, dando un servicio uniforme a los viajeros. Para ello se ha aumentado el tiempo de rebote en Avilés, consiguiendo, además, un aumento de capacidad en comparación con la anterior opción.

Por tanto, se elige el segundo esquema puesto que ofrece una secuencia periódica de los trenes de viajeros, razón por la cual se considera mucho más favorable. En dicho esquema, a la luz de las simulaciones de marcha efectuadas, el intervalo mínimo

resultante entre trenes consecutivos resulta de 15 minutos. Además, permite el cruce en Villalegre permitiendo cadenciar mejor los trenes en dirección Oviedo.

### 3.2.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Respetando los criterios previamente expuestos, se ha realizado la simulación del escenario de maximización de la capacidad en OpenTrack obteniendo los siguientes resultados de circulaciones tanto de viajeros como de mercancías por sentido.

**Tabla 9. Número de circulaciones por sentido. Máxima capacidad Fase 1.**

Franjas horarias	Mercancías	Viajeros	Totales
Circulaciones diarias	26	48	74
00:00-06:00	6	0	6
06:00-10:00	0	16	16
10:00-16:00	12	12	24
16:00-20:00	0	16	16
20:00-22:00	4	4	8
22:00-00:00	4	0	4

Esta línea puede presentar, por tanto, según se desprende de las mallas que figuran al final del presente apartado, 74 circulaciones, siendo 48 las correspondientes a los servicios de viajeros por sentido en día laborable, de las cuales 24 llegan o salen hasta la estación de San Juan de Nieva, finalizando las 24 restantes en Avilés.

El intervalo de paso entre circulaciones en Avilés es de 15 minutos en los periodos punta (06-10h y 16-20h) y de 30 minutos en el resto del día, es decir, podrían reducirse los intervalos a la mitad en comparación con la actualidad.

El tiempo de rebote en San Juan de Nieva será de 7 minutos mientras que en Avilés es de 19 minutos. Este último tiempo se fija para poder cruzar los trenes tanto en Avilés

como en Villalegre, considerando en todas las paradas un colchón para poder solventar los posibles retrasos.

En cuanto al tráfico de mercancías, se podrían alcanzar las 26 circulaciones diarias, todas ellas con rebote en San Juan de Nieva, saliendo cada 30 minutos aproximadamente durante las franjas horarias de 10:00-16:00h y 20:00-06:00h, exceptuando las horas correspondientes a la banda de mantenimiento. Actualmente, el tráfico real programado es de 2-3 trenes de mercancías por día, por tanto, el cupo de surcos disponible puede absorber sin ningún problema las circulaciones de mercancías actuales. La franja horaria propuesta permitiría mantener las circulaciones establecidas, haciendo que las conexiones de esta no se vieran afectadas, independizando así el tramo objeto de análisis del colateral.

A continuación, se presentan las mallas correspondientes a la simulación del escenario definido.

Figura 7. Malla diaria, máxima capacidad Fase 1.

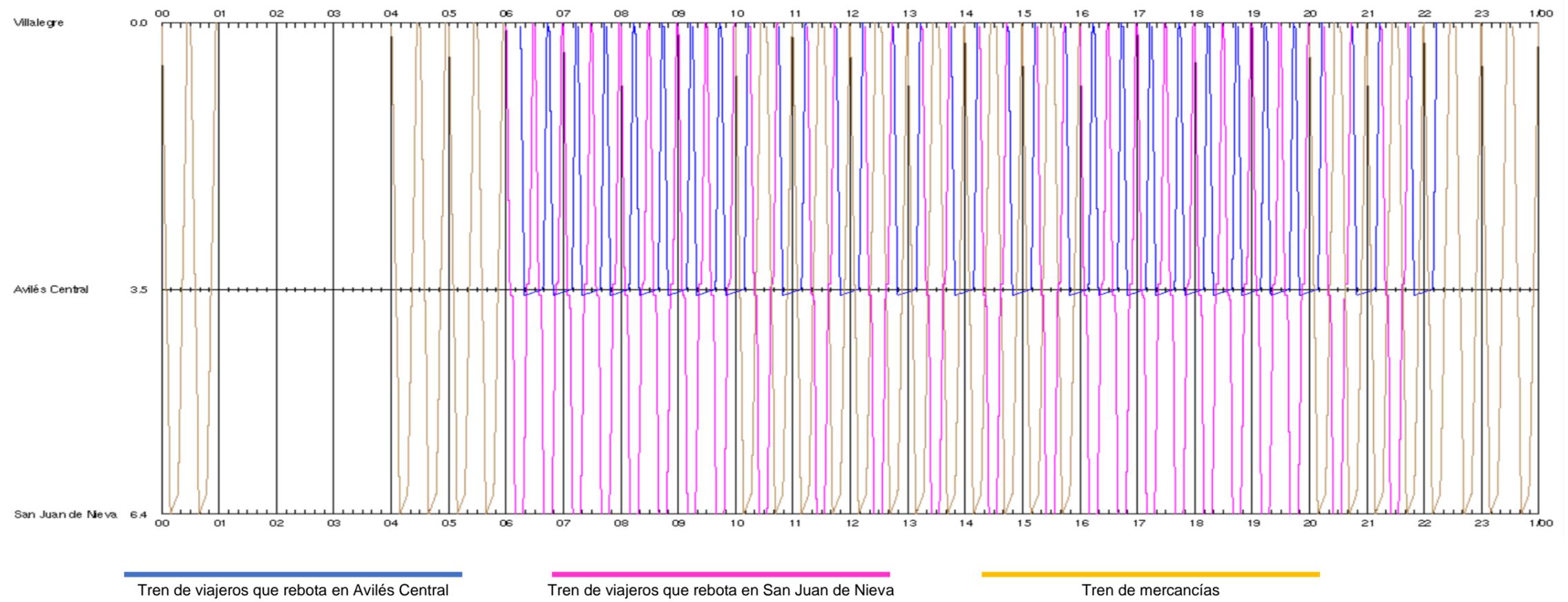


Figura 8. Malla en intervalo horario 00:00-06:00, servicio exclusivo mercancías, Fase 1.

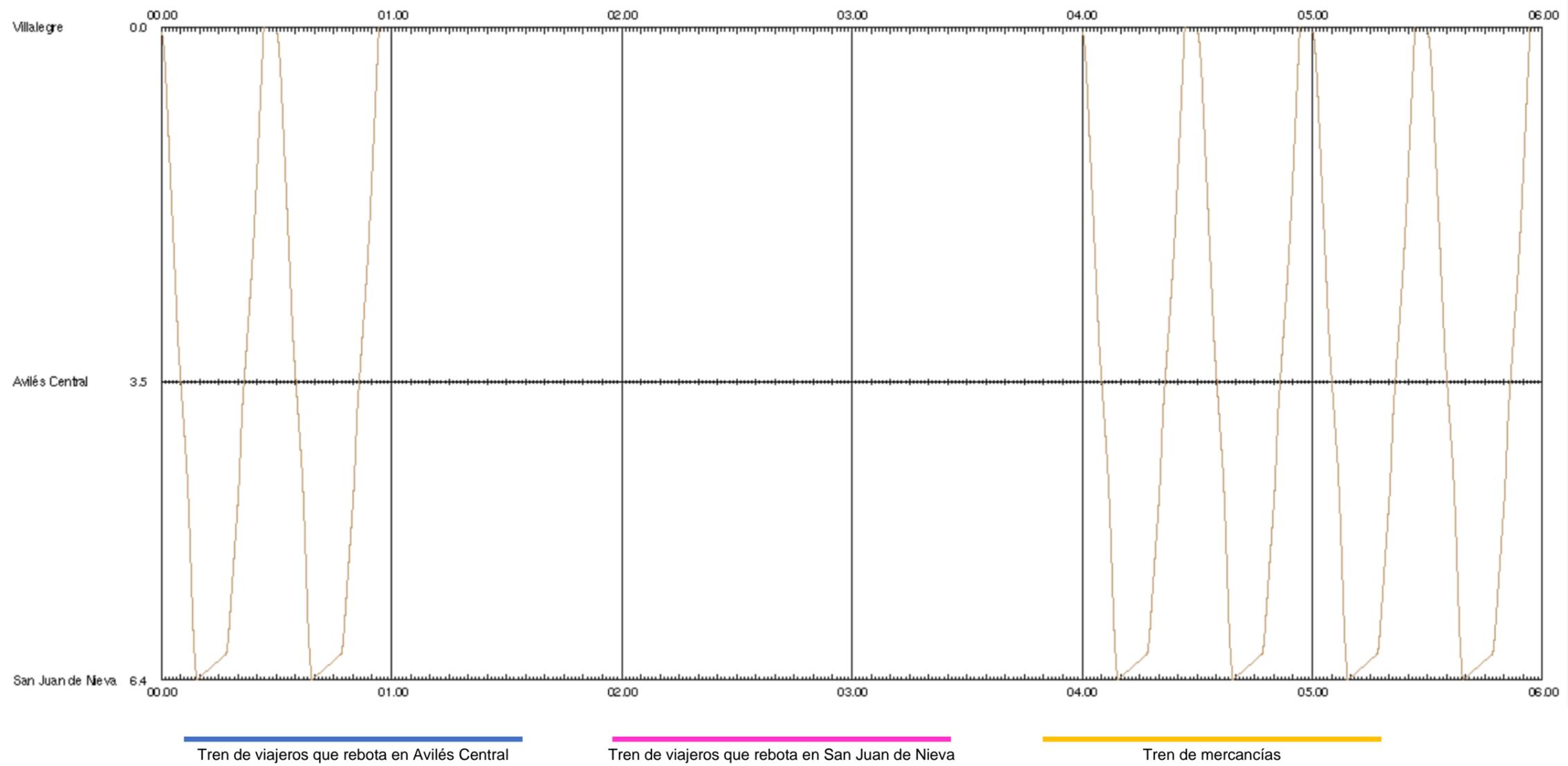


Figura 9. Malla hora punta de mañana 06:00-10:00, solo viajeros, Fase 1.

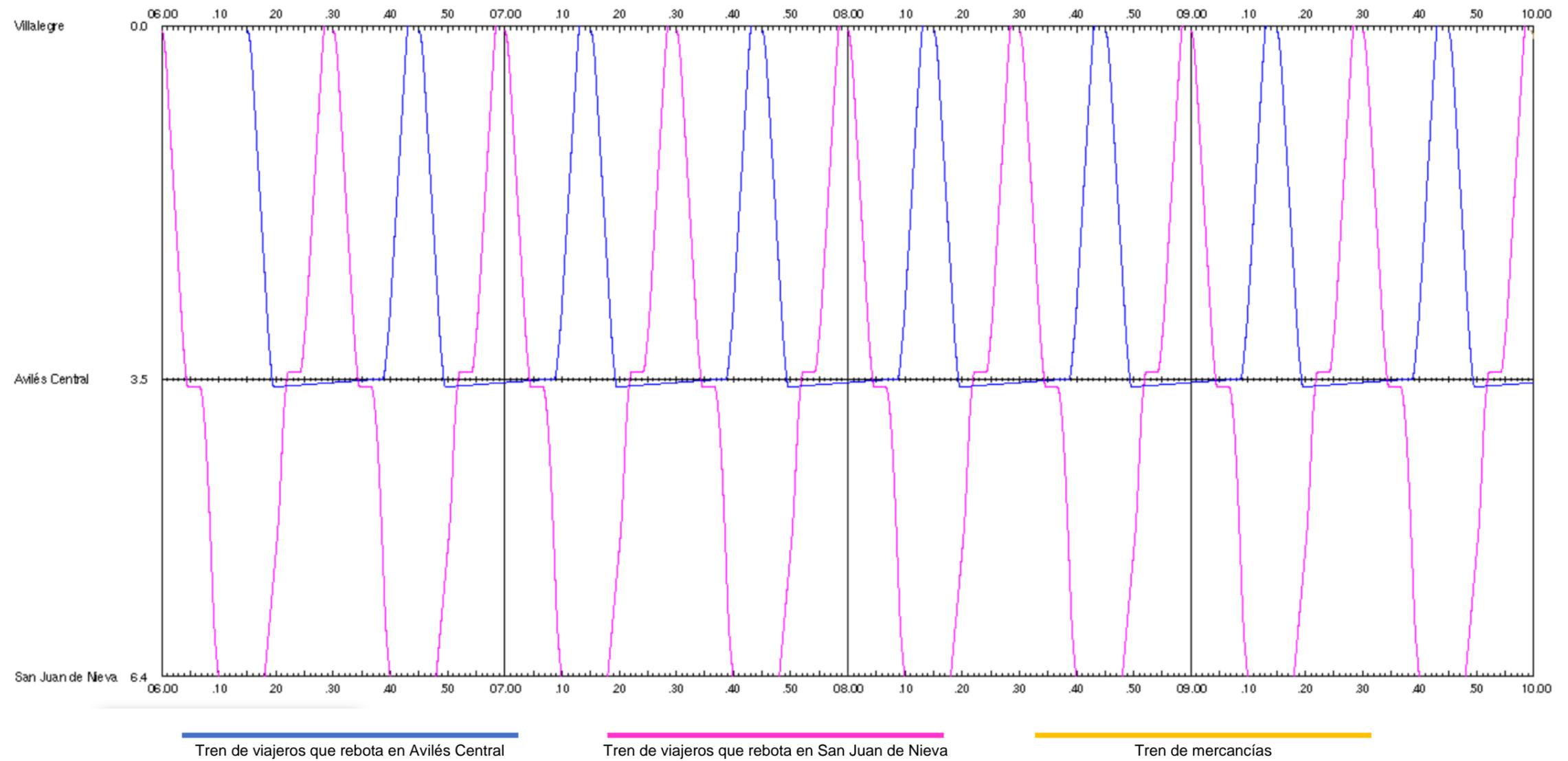


Figura 10. Malla hora valle de mañana 10:00-16:00, viajeros y mercancías, Fase 1,

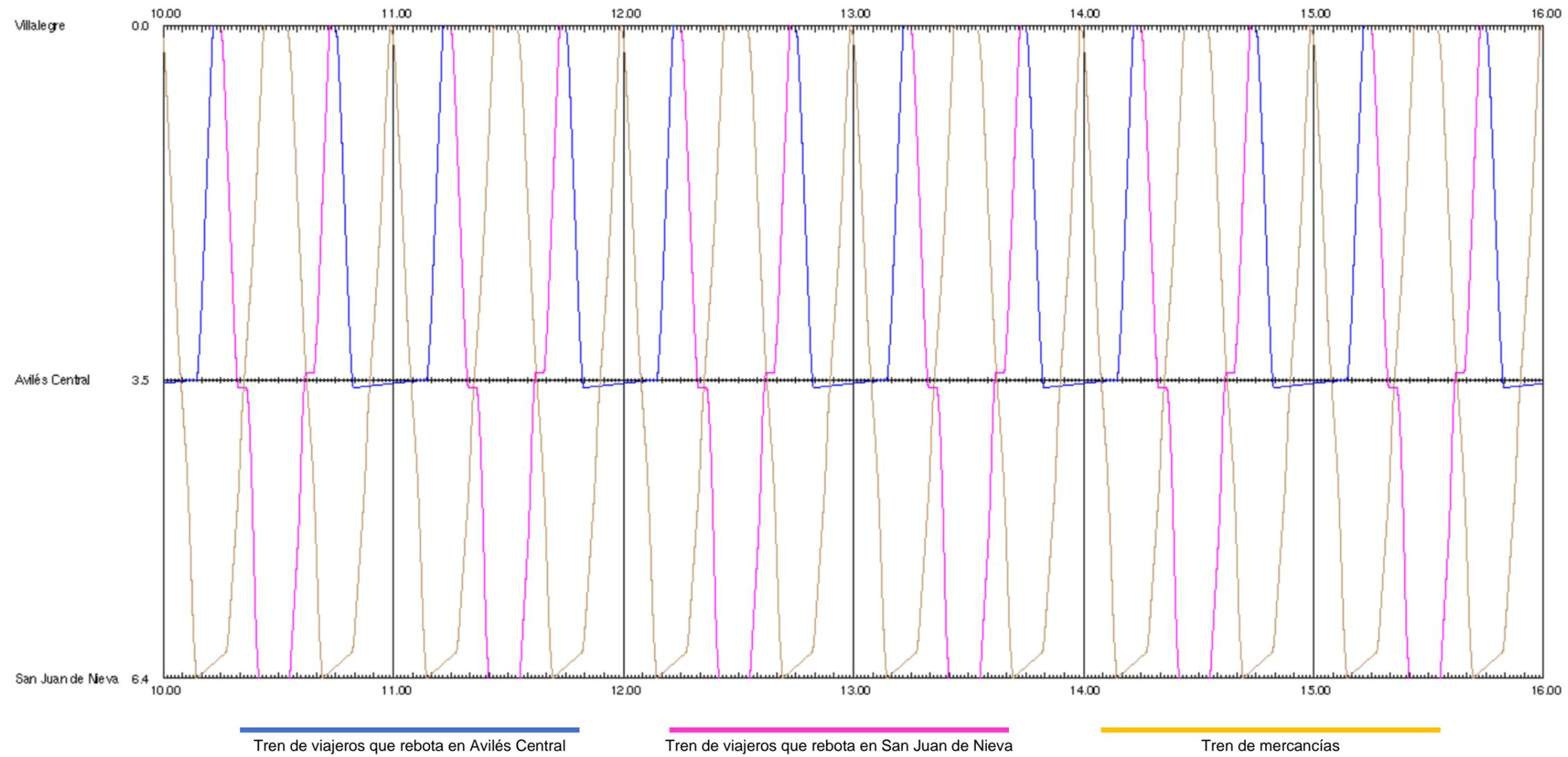


Figura 11. Malla hora punta de tarde 16:00-20:00, solo viajeros, Fase 1

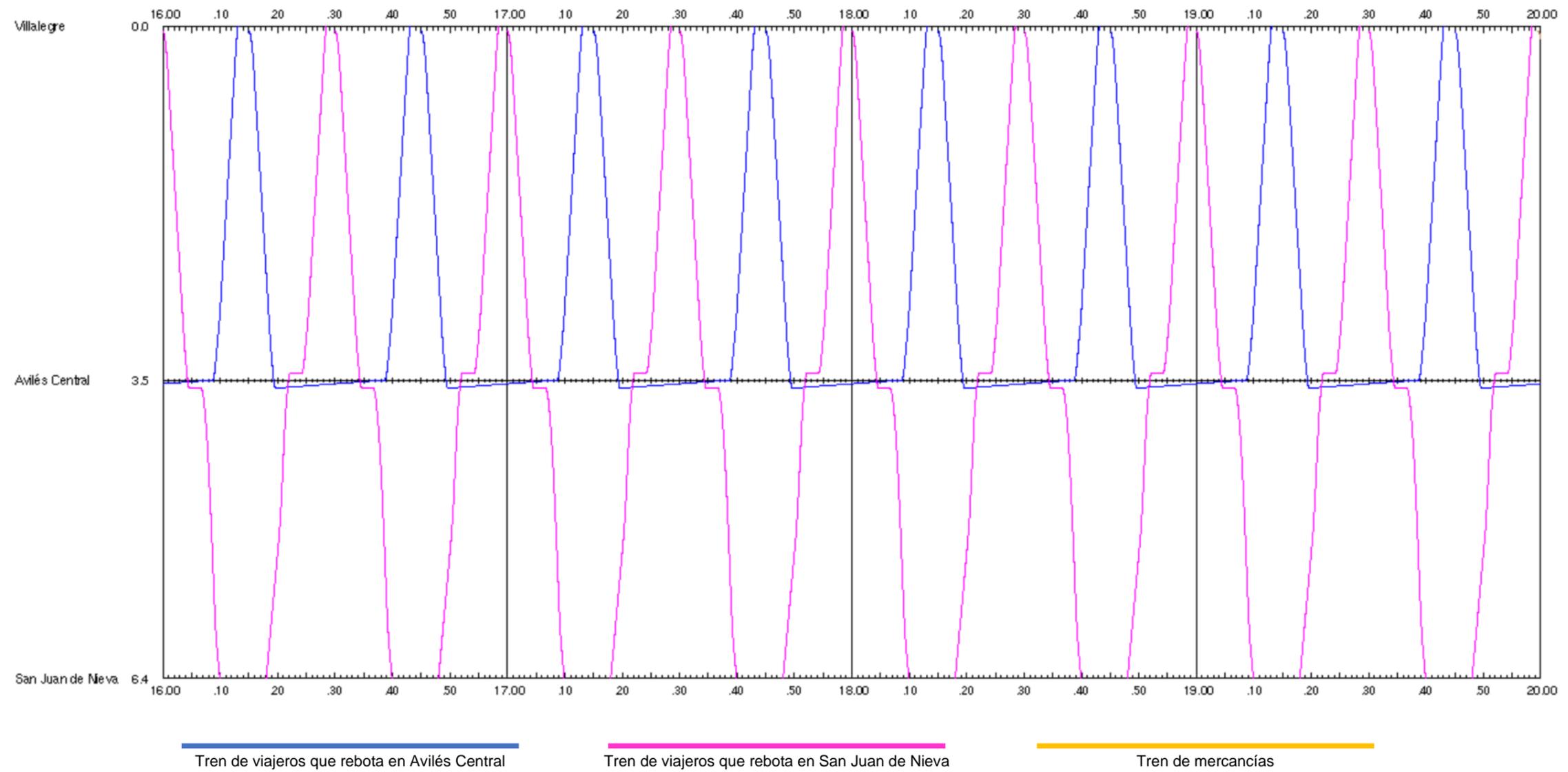
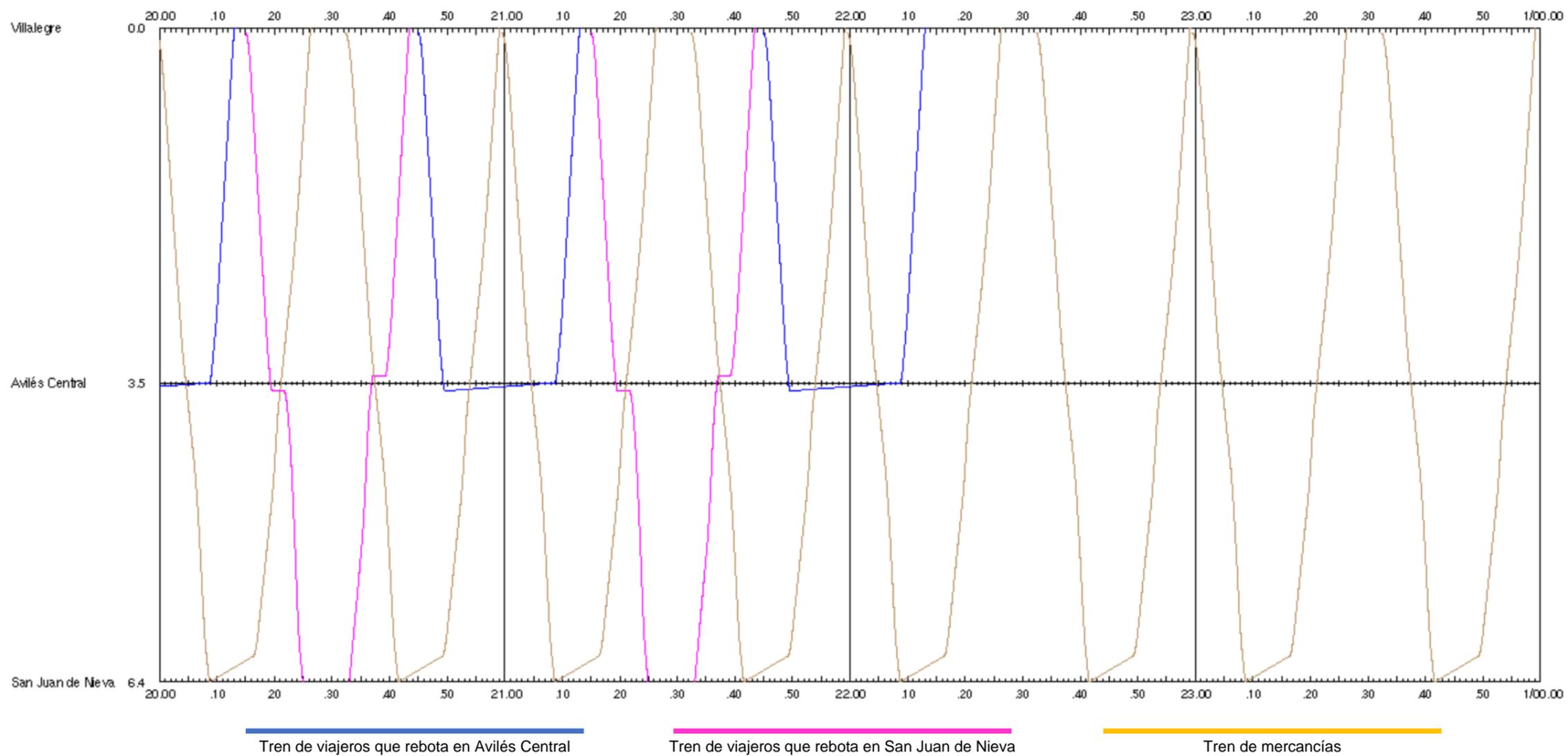


Figura 12. Malla en intervalo horario 20:00-00:00, Fase 1.

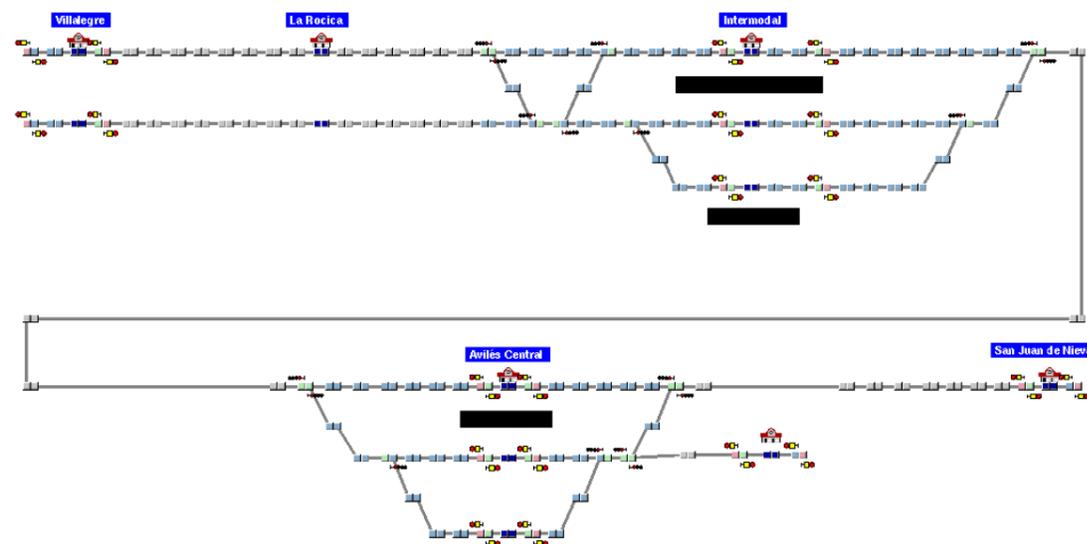


#### 4.- MODELIZACIÓN DE LA FASE FINAL. MÁXIMA CAPACIDAD.

##### 4.1.- ESCENARIO DE SIMULACIÓN

En esta simulación se obtiene la malla de máxima capacidad de la línea en la Fase final. Se muestra a continuación cómo queda representada la infraestructura en el software de OpenTrack, incluyendo la estación Intermodal.

**Figura 13. Infraestructura en OpenTrack**



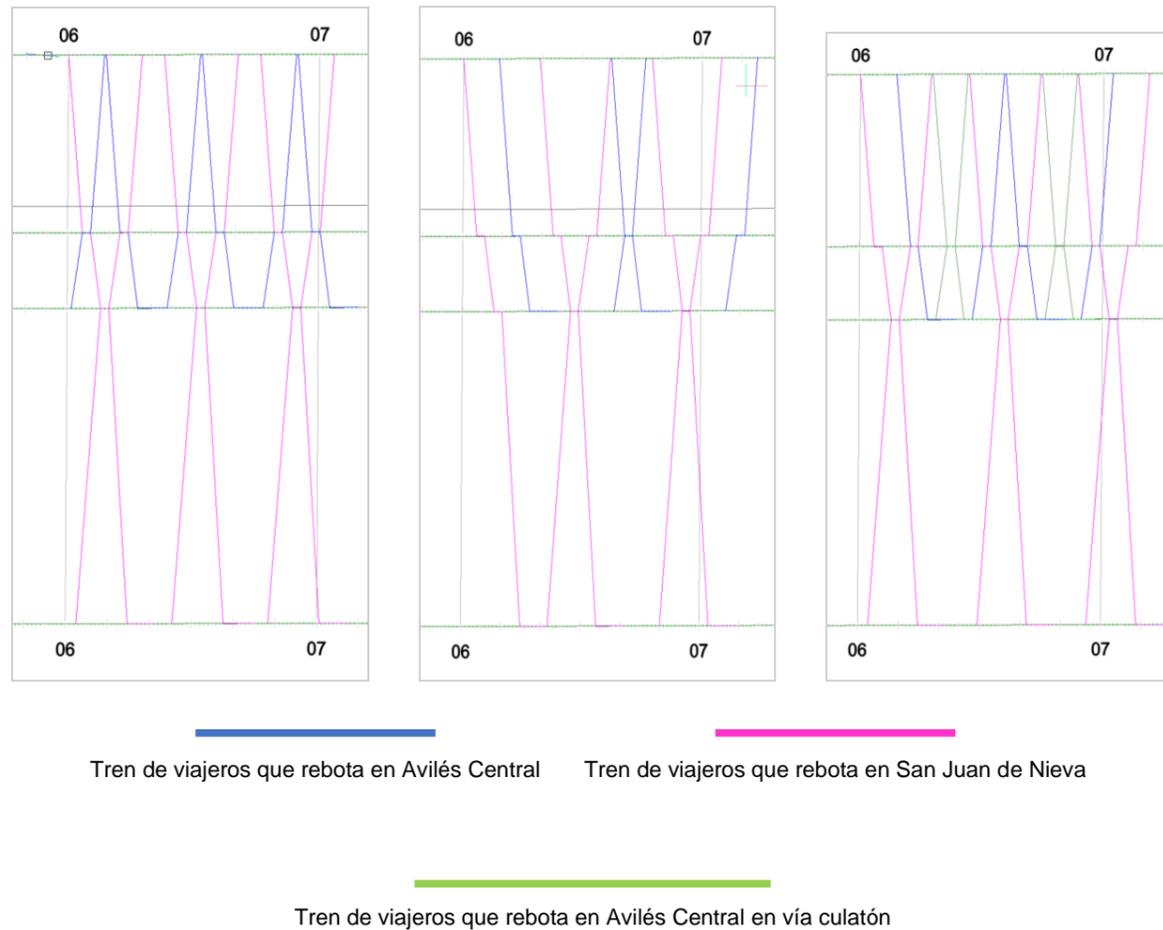
Los criterios de simulación son:

- Esquema de servicios con cruces en Avilés Central, estación Intermodal y Villalegre.
- Doble vía desde la estación de Villalegre hasta la estación Intermodal
- Dos tercios de las circulaciones de viajeros “rebotan” en Avilés central y el tercio restante en la estación de San Juan de Nieva.

- El tiempo de rebote mínimo es de 7 minutos, considerando la progresiva implantación del sistema ERTMS. Este tiempo se podrá aumentar para obtener un servicio cadenciado.
- El tiempo de parada considerado para los Cercanías es de 2 minutos, incluyendo en este tiempo de parada un tiempo colchón para absorber posibles retrasos.
- Los criterios de distribución de los servicios a lo largo del día son:
  - Servicio de viajeros de 06:00-22:00, donde en las horas punta (06:00-10:00 y 16:00-20:00) solo circulan éstos, en el resto se intercalan con circulaciones de mercancías.
  - De 22:00-01:00 y 04:00-06:00 solo hay circulaciones de trenes de mercancías.
  - Banda de mantenimiento de 1:00 a 4:00.

Basándonos en estos criterios se estudia la capacidad máxima. En primer lugar, a partir de una simulación de marchas en OpenTrack en la que se han obtenido los tiempos de recorrido, se estudian tres posibles formas de explotación.

**Figura 14. Croquis malla Villalegre-San Juan de Nieva, posibles opciones.**



En los dos primeros casos la mitad de las circulaciones de viajeros rebotan en San Juan de Nieva y la otra mitad en Avilés Central, mientras que, en el tercer caso, el reparto es de dos tercios de las circulaciones rebotan en Avilés Central y el tercio restante en San Juan de Nieva, aproximadamente.

En la primera opción se consigue un intervalo de tiempo entre circulaciones con rebote en San Juan de Nieva de 23 minutos, al igual que el intervalo de tiempo con rebote en Avilés Central. Pero en conjunto, los tiempos entre circulaciones sucesivas son uniformes.

En la segunda opción, el intervalo entre circulaciones es variable, intercalándose aquellos Cercanías que rebotan en San Juan de Nieva con los que rebotan en Avilés Central, dando un servicio poco uniforme a los viajeros.

En la tercera opción, el intervalo de tiempo entre circulaciones es de 9 minutos, saliendo aquellos trenes que rebotan en San Juan de Nieva cada 27 minutos debido a la distribución 2/3 y 1/3 ya comentada. Esto se consigue utilizando la vía culatón.

Por tanto, se elige el tercer esquema puesto que ofrece una secuencia periódica de los trenes de viajeros, razón por la cual se considera mucho más favorable. En dicho esquema, a la luz de las simulaciones de marcha efectuadas, el intervalo mínimo resultante entre trenes consecutivos de viajeros resulta de 9 minutos.

**4.2.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN**

Los resultados obtenidos de la simulación del escenario de maximización de la capacidad en OpenTrack tanto de viajeros como de mercancías por sentido en la Fase Final se muestran a continuación.

**Tabla 10. Número de circulaciones por sentido, capacidad máxima.**

Franjas horarias	Mercancías	Viajeros	Totales
Circulaciones diarias	28	79	107
00:00-06:00	8	0	8
06:00-10:00	0	26	26
10:00-16:00	11	20	31
16:00-20:00	0	26	26
20:00-22:00	4	7	11
22:00-00:00	5	0	5

Las mallas de cada uno de los intervalos horarios se muestran al final de este apartado. De ellas se desprende que el número de circulaciones diarias asciende a 107, siendo 79 correspondientes a los servicios de viajeros por sentido, de las cuales 31 llegan o

salen hasta la estación de San Juan de Nieva, finalizando las 48 restantes en Avilés, es decir, el reparto final para maximizar la capacidad de la línea es aproximadamente 40% a San Juan de Nieva y 60% a Avilés Central, aproximado al reparto 1/3-2/3 comentado.

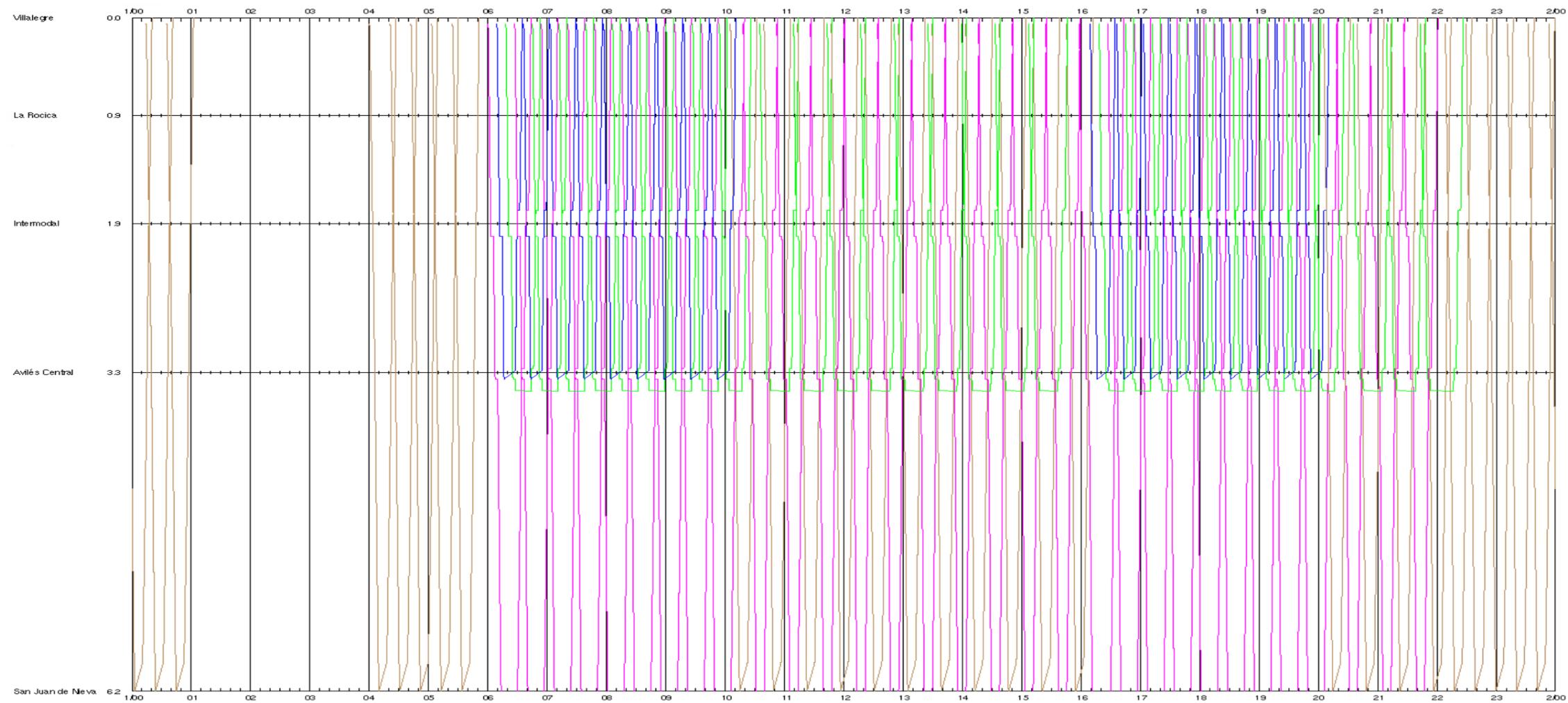
El intervalo de paso entre circulaciones es de 9 minutos en los periodos punta (06-10h y 16-20h) y de 17 minutos aproximadamente en el resto del día, es decir, en comparación con la Fase 1, podrían reducirse los intervalos de paso casi a la mitad.

El tiempo de rebote en San Juan de Nieva será de 15-7 minutos mientras que en Avilés es de 11-13 minutos, en hora punta y hora valle respectivamente. Estos tiempos se fijan para poder cruzar los trenes tanto en Avilés Central como en la estación Intermodal, configurándose como tramo crítico el correspondiente a vía única entre las estaciones Intermodal y San Juan de Nieva. En las paradas se considera un colchón de dos minutos para poder solventar los posibles retrasos.

En cuanto al tráfico de mercancías, se podrían alcanzar las 28 circulaciones diarias, todas ellas con rebote en San Juan de Nieva, durante las franjas horarias de 10:00-16:00h y 20:00-06:00h, exceptuando las horas correspondientes a la banda de mantenimiento. Actualmente, el tráfico real programado es de un 2-3 de mercancías por día, por tanto, el cupo de surcos disponible puede absorber sin ningún problema las circulaciones de mercancías actuales.

A continuación, se presentan las mallas correspondientes a la simulación del escenario definido.

Figura 15. Malla diaria. Máxima capacidad en Fase Final.

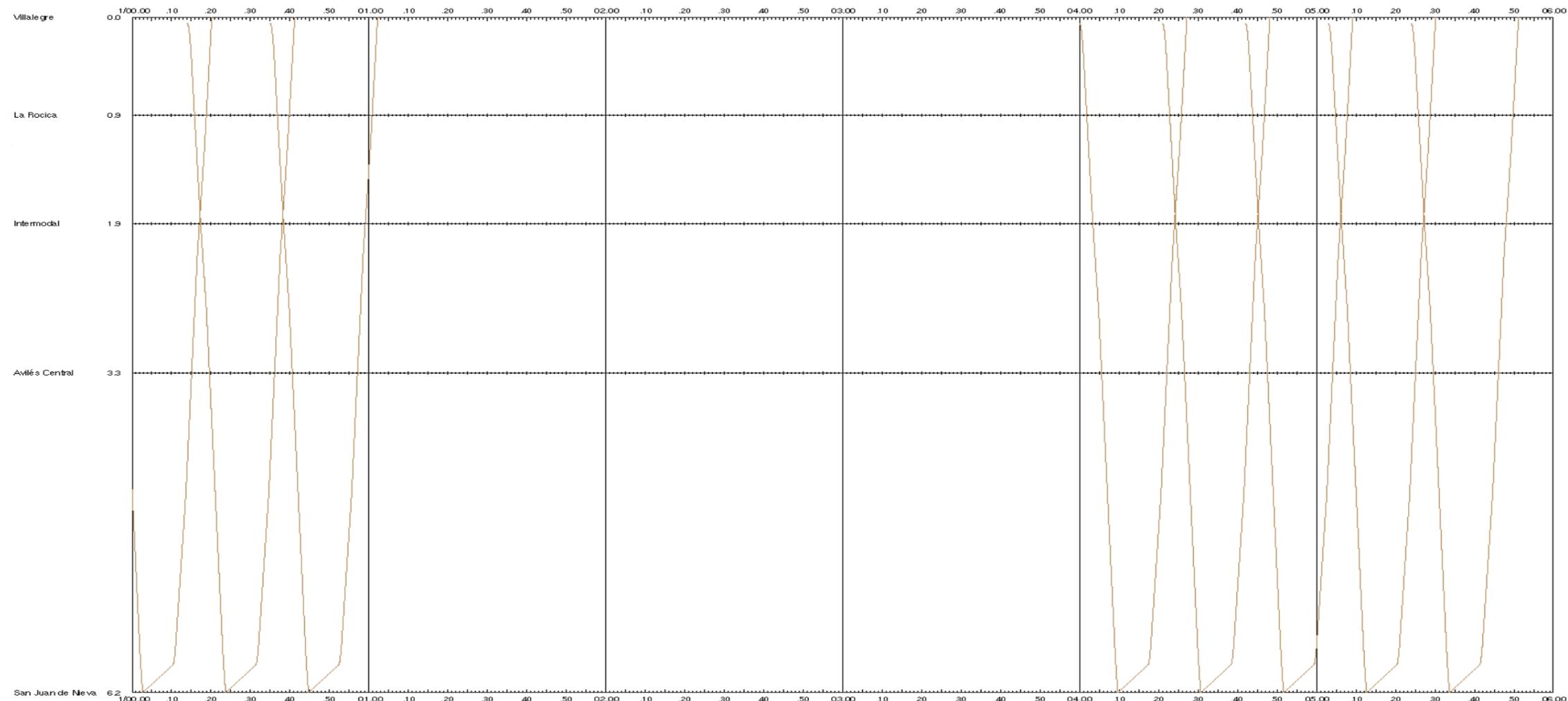


Trenes de viajeros que rebotan en Avilés Central

Tren de viajeros que rebota en San Juan de Nieva

Tren de mercancías

igura 16. Malla en intervalo horario 00:00-06:00, servicio exclusivo mercancías. Máxima capacidad en Fase Final.

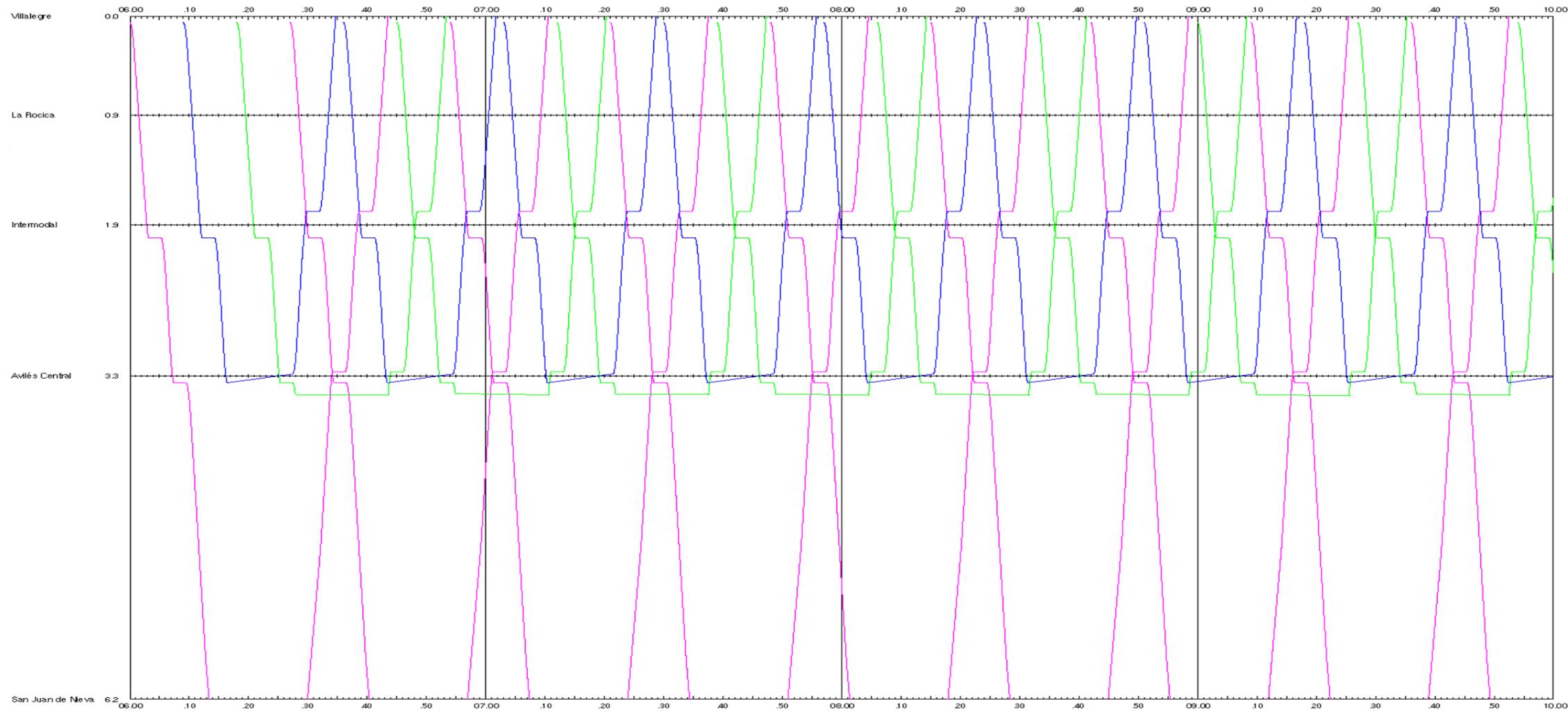


Trenes de viajeros que rebotan en Avilés Central

Tren de viajeros que rebota en San Juan de Nieva

Tren de mercancías

**Figura 17. Malla hora punta de mañana 06:00-10:00, solo viajeros. Máxima capacidad en Fase final.**

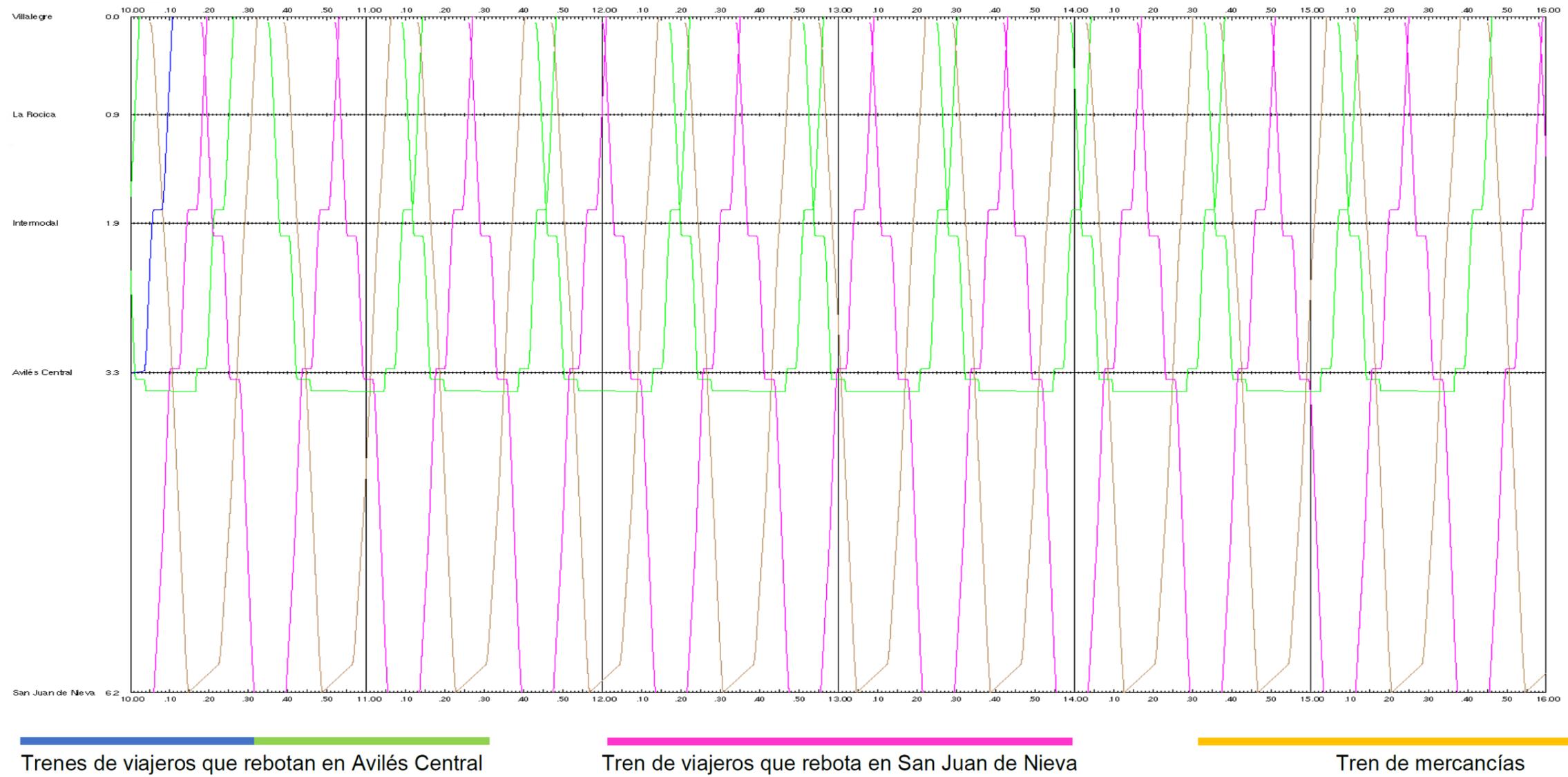


Trenes de viajeros que rebotan en Avilés Central

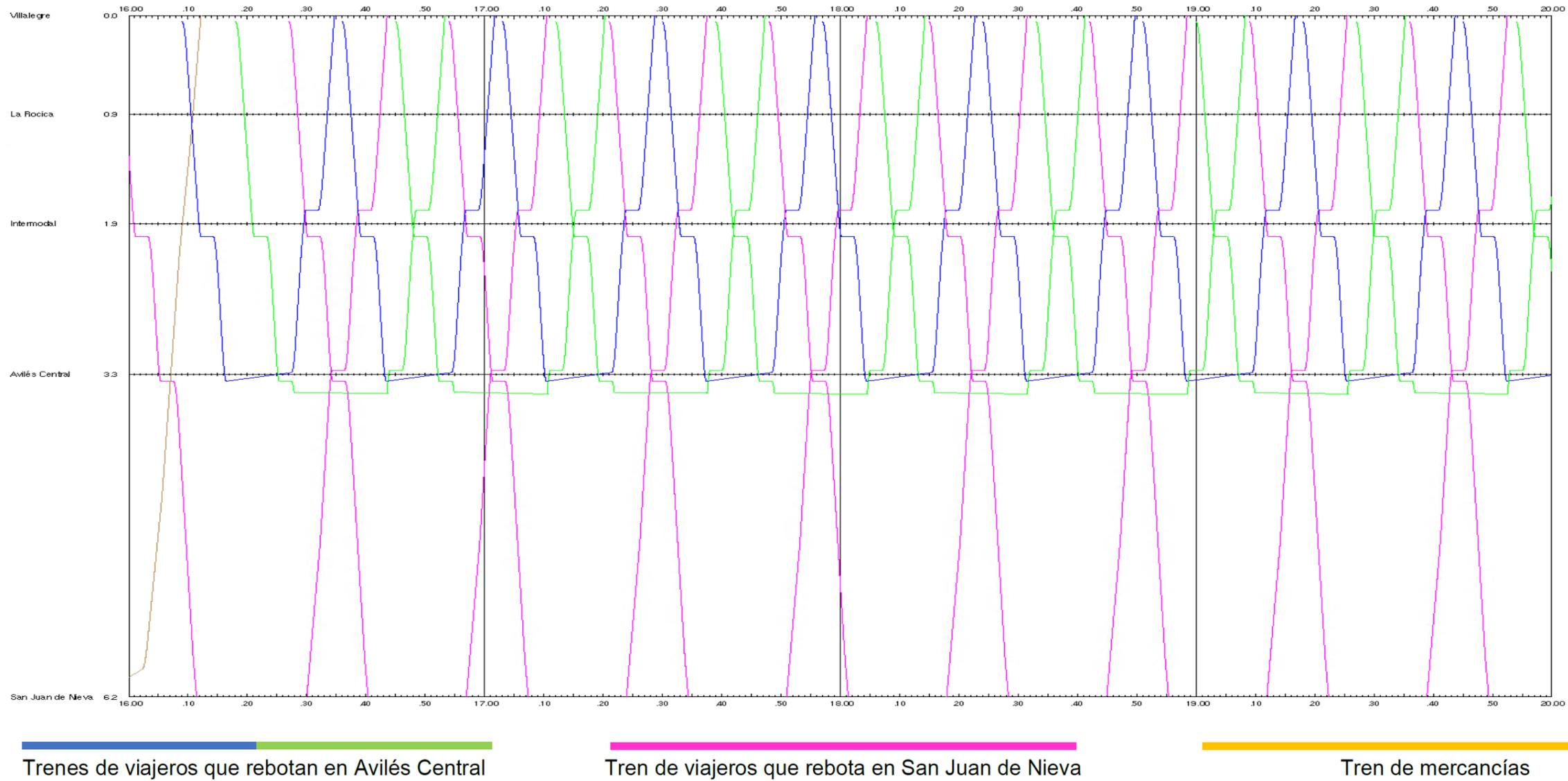
Tren de viajeros que rebota en San Juan de Nieva

Tren de mercancías

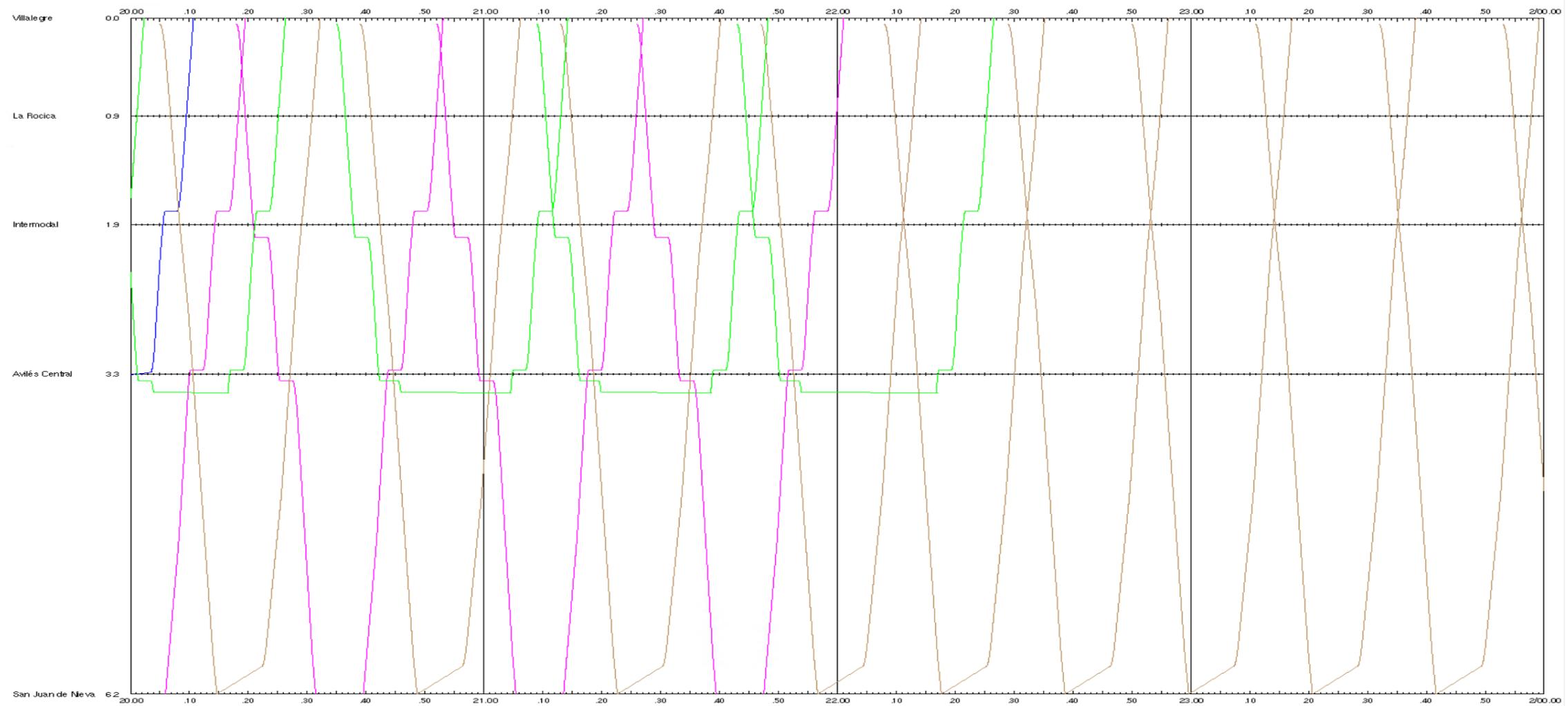
**Figura 18. Malla hora valle de mañana 10:00-16:00, viajeros y mercancías. Máxima capacidad en Fase Final.**



**Figura 19. Malla hora punta de tarde 16:00-20:00, solo viajeros. Máxima capacidad en Fase Final.**



**Figura 20. Malla en intervalo horario 20:00-00:00. Máxima capacidad en Fase Final.**



Trenes de viajeros que rebotan en Avilés Central

Tren de viajeros que rebota en San Juan de Nieva

Tren de mercancías

## 5.- COMPARACIÓN FASE 1 Y FASE FINAL.

Del análisis llevado a cabo a lo largo del informe se puede concluir que la línea presenta unas condiciones actuales de explotación que pueden mantenerse una vez concluida la actuación completa e, incluso, incrementarse con referencia a la actualidad y a la Fase 1.

**Tabla 11. Resumen de circulaciones**

Circulaciones diarias	Viajeros a AC	Viajeros a SJN	Totales
Actualidad	13	16	29
Capacidad máxima Fase 1	24	24	48
Capacidad máxima Fase Final	48	31	79

Con el escenario de máxima capacidad diseñado para la Fase Final se observa que el máximo aprovechamiento de los surcos podría dar lugar a un incremento de aproximadamente un 65% de las circulaciones de viajeros respecto a la Fase 1, y de un 172% respecto a la actualidad.

Se alcanzan 79 circulaciones diarias de viajeros. Esto se consigue permitiendo el cruce de los trenes en Avilés Central, Intermodal y Villalegre.

En intervalo entre circulaciones sucesivas se reduce de 30 minutos en la actualidad a 15 minutos en Fase 1 y a 9 minutos en Fase Final en hora punta. En hora valle pasa de 60 a 30 y a 17 minutos respectivamente.

Este escenario permite alcanzar las 28 circulaciones diarias de mercancías, frente a las 26 de Fase 1, todas ellas con rebote en San Juan de Nieva. El aprovechamiento de los surcos disponibles cubre ampliamente las circulaciones diarias actuales, 2-3 circulación/día, permitiendo incrementarse sin problema en caso de que fuera necesario.

En la Fase 1 se desprende de las mallas que, en ningún momento, se llega a tener tres trenes al mismo tiempo en la estación de Avilés Central, por lo que la configuración de vías propuesta para dicha estación es perfectamente válida para el escenario de explotación de capacidad máxima diseñado y en la primera fase del soterramiento, sin necesidad de vías de apartado adicionales, e incluso sin necesidad de utilizar de forma sistemática la vía mango de la cabecera norte. Por otro lado, en la Fase Final, debido a la construcción de la estación Intermodal y al aumento de circulaciones que esta permite, tanto por cruces como por disponer de doble vía, es necesario el uso de la vía en Avilés Central para albergar la capacidad máxima estudiada.

Por lo que se comprueba que la disposición final de la estación de Avilés Central y de la estación Intermodal pueden absorber las circulaciones diarias actuales e incrementarse en el caso de los viajeros en un 172% hasta alcanzar las 79 circulaciones diarias, sin derivarse problemas en los cruces en Avilés, Villalegre y en la estación Intermodal, y en el caso de las mercancías hasta alcanzar las 28 circulaciones diarias.

## 6.- PROPUESTA DE CIRCULACIONES FASE FINAL

### 6.1.- ESCENARIO DE SIMULACIÓN

El objeto de esta simulación es la obtención de una propuesta de malla de circulaciones adaptada a la evolución de los tráficos de la línea en la Fase final.

La infraestructura y los criterios de simulación son los mismos que se emplean para la obtención de la malla de máxima capacidad, comentada en el anterior apartado.

Los criterios de distribución de los servicios a lo largo del día son:

- Servicio de viajeros de 06:00-22:00, donde en las horas punta (06:00-10:00 y 16:00-20:00) solo circulan éstos, en el resto se intercalan con circulaciones de mercancías.
- Banda de mantenimiento de 1:00 a 4:00.

### 6.2.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Respetando los criterios, se ha realizado la simulación del escenario de circulaciones propuesta en OpenTrack obteniendo los siguientes resultados de circulaciones tanto de viajeros como de mercancías por sentido.

**Tabla 12. Número de circulaciones por sentido.**

Franjas horarias	Mercancías	Viajeros	Totales
Circulaciones diarias	8	48	56
00:00-06:00	0	0	0
06:00-10:00	0	16	16
10:00-16:00	6	12	18
16:00-20:00	0	16	16
20:00-22:00	2	4	6
22:00-00:00	0	0	0

La propuesta de circulaciones contempla 56 circulaciones por sentido diarias, siendo 48 las correspondientes a los servicios de viajeros por sentido, de las cuales 20 llegan o salen hasta la estación de San Juan de Nieva, finalizando las 28 restantes en Avilés.

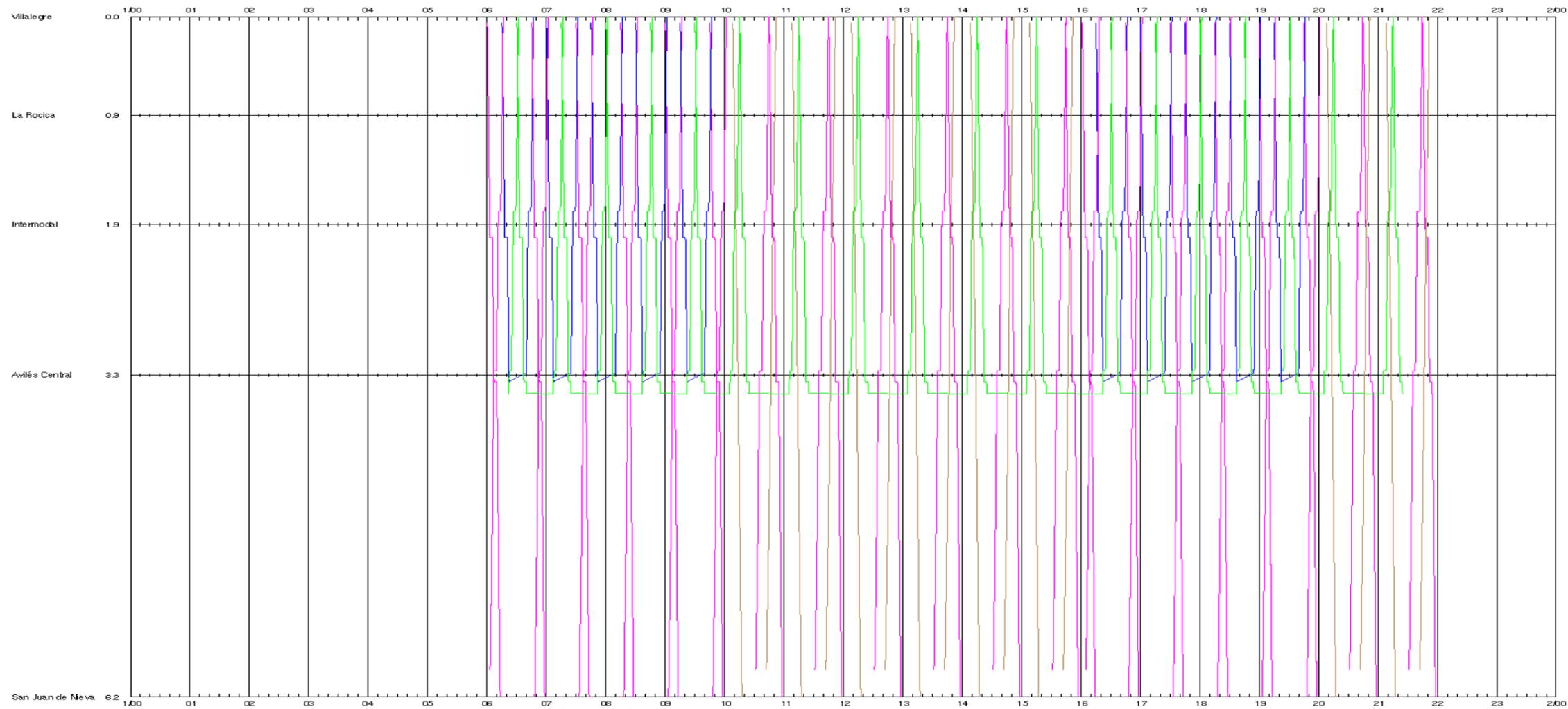
El intervalo de paso entre circulaciones es de 15 minutos en hora punta (06-10h y 16-20h), ascendiendo a 30 minutos en hora valle, tal como se aprecia en las mallas.

El tiempo de rebote en San Juan de Nieva será de 30 minutos aproximadamente mientras que en Avilés es más cercano a los 20 minutos. Estos tiempos se fijan para poder cruzar los trenes y cadenciar los servicios. En las paradas se considera un colchón para poder solventar los posibles retrasos.

En cuanto al tráfico de mercancías, se proponen 8 surcos diarios, todas ellas con rebote en San Juan de Nieva, durante las franjas horarias de 10:00-16:00h y 20:00-22:00h, con una frecuencia de un tren por hora.

A continuación, se presentan las mallas correspondientes a la simulación del escenario definido.

Figura 21. Malla diaria, propuesta Fase Final.



 Trenes de viajeros que rebotan en Avilés Central

 Tren de viajeros que rebota en San Juan de Nieva

 Tren de mercancías

Figura 22. Malla hora punta de mañana 06:00-10:00, solo viajeros. Propuesta Fase final.

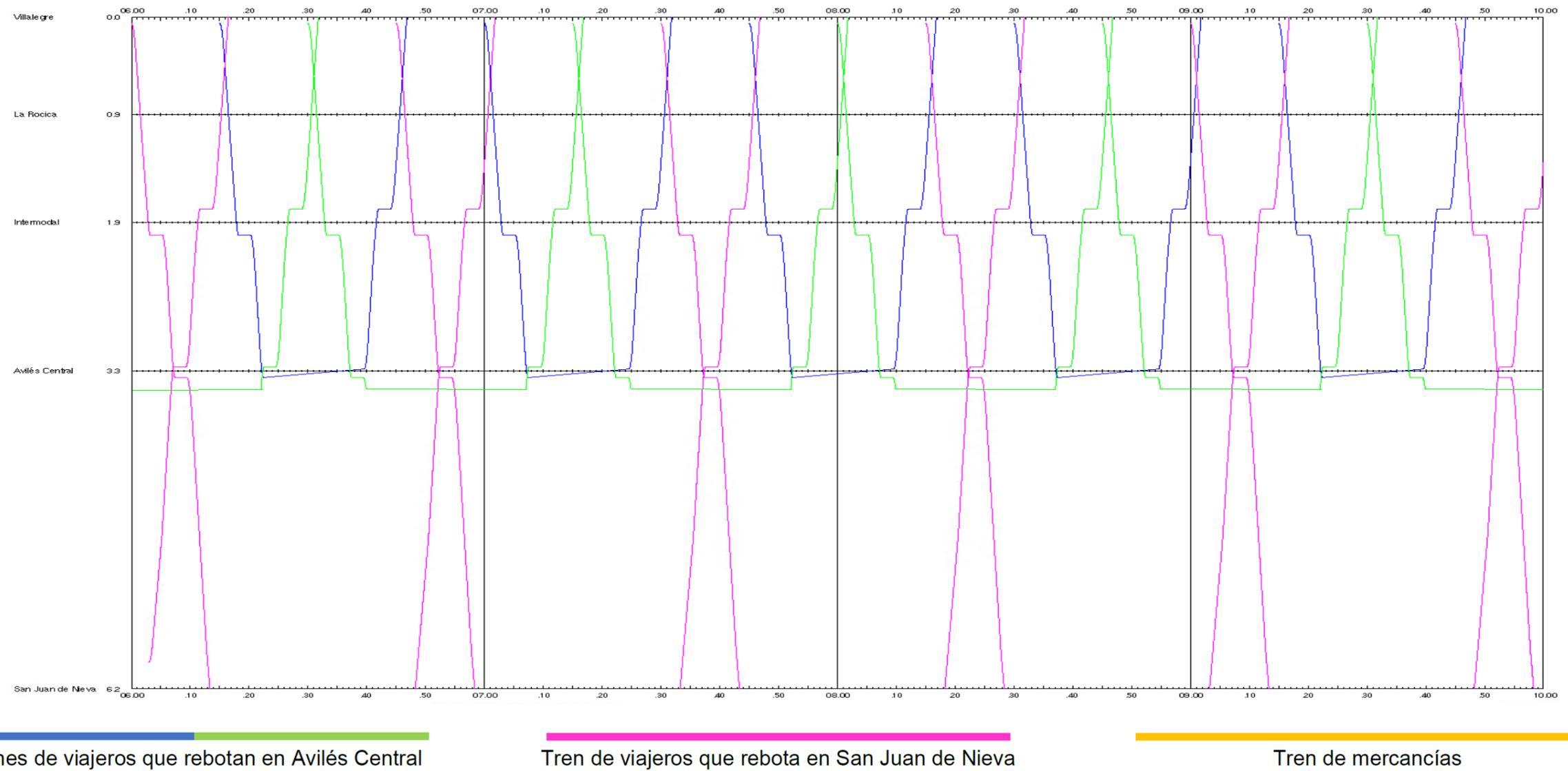


Figura 23. Malla hora valle de mañana 10:00-16:00, viajeros y mercancías. Propuesta Fase Final.

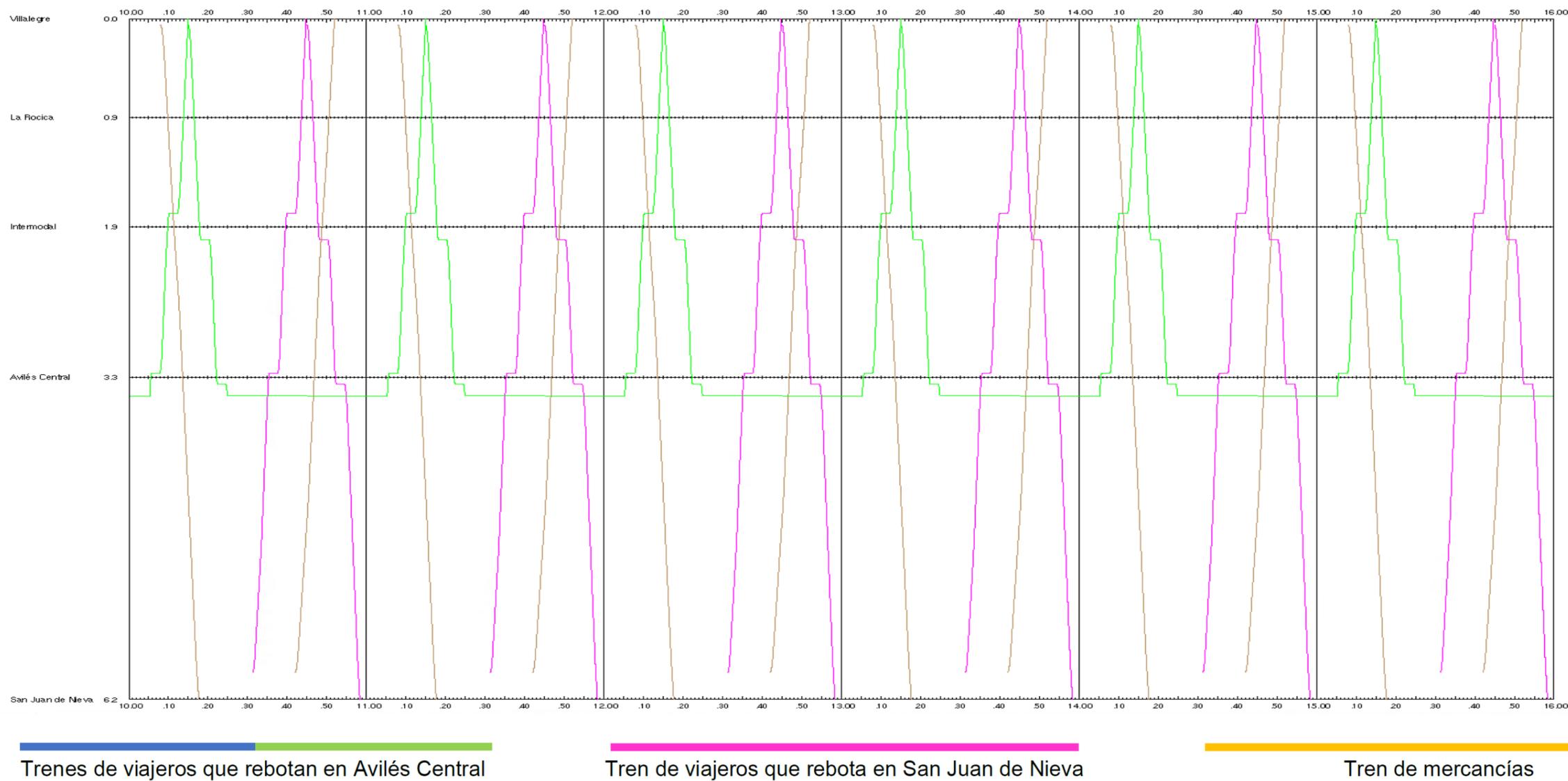
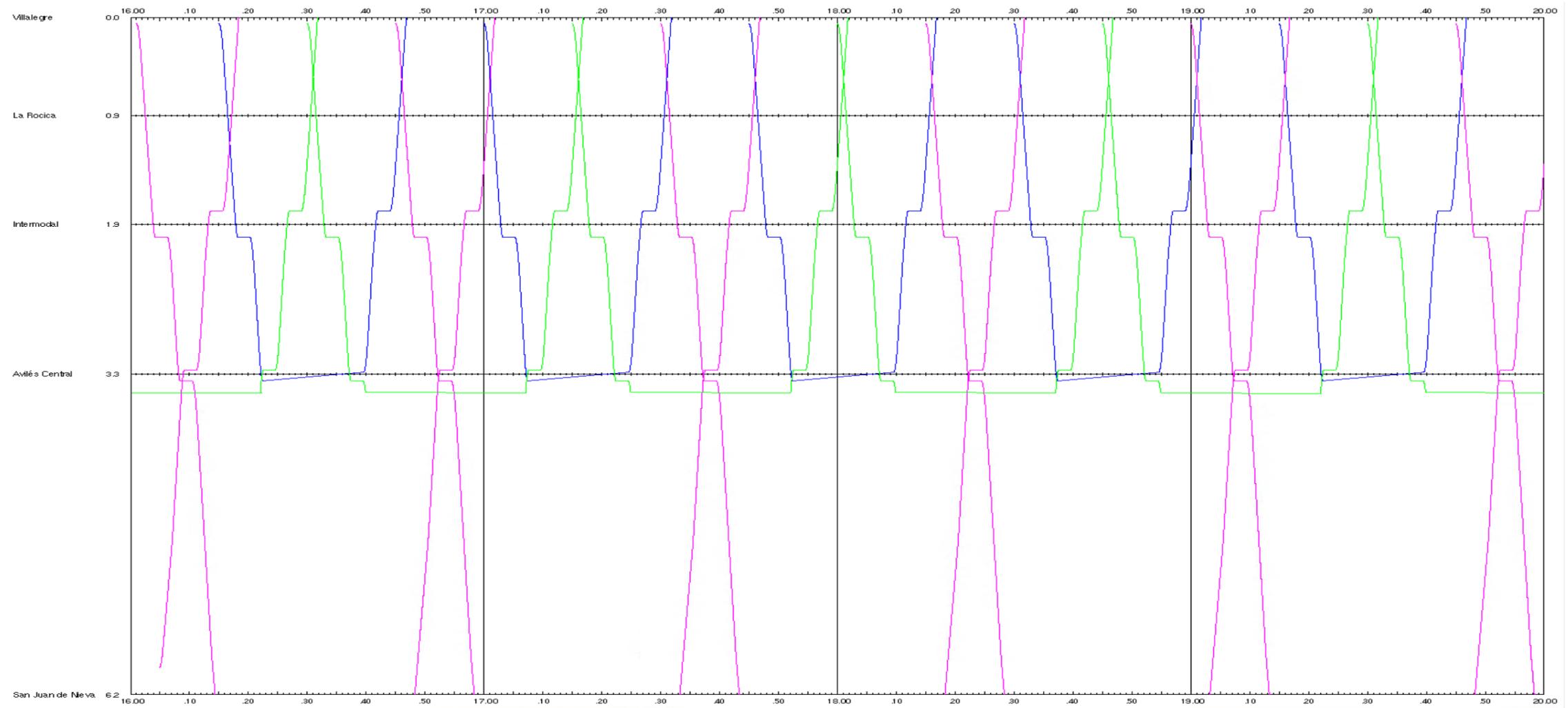


Figura 24. Malla hora punta de tarde 16:00-20:00, solo viajeros. Propuesta Fase Final.

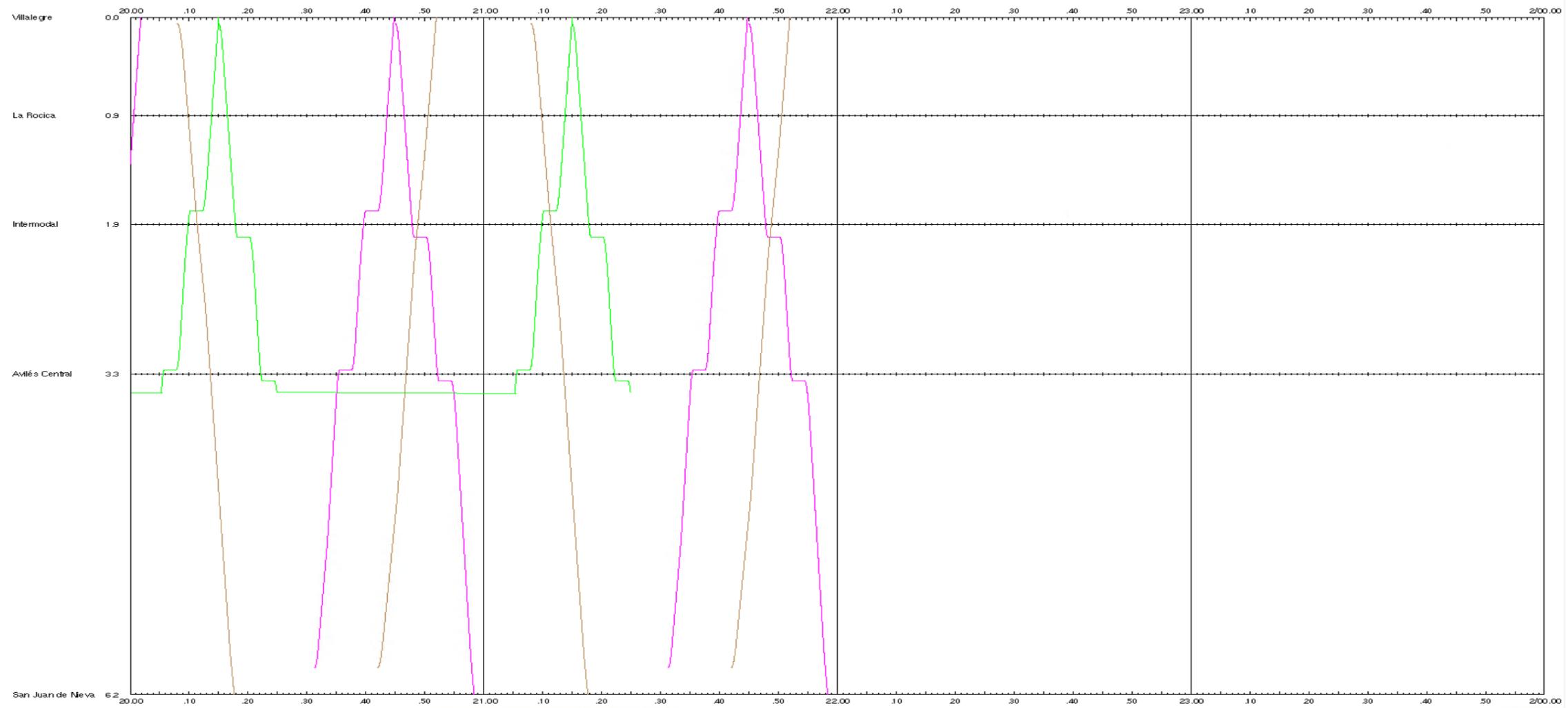


Trenes de viajeros que rebotan en Avilés Central

Tren de viajeros que rebota en San Juan de Nieva

Tren de mercancías

Figura 25. Malla en intervalo horario 20:00-00:00. Propuesta Fase Final.



Trenes de viajeros que rebotan en Avilés Central

Tren de viajeros que rebota en San Juan de Nieva

Tren de mercancías

## 7.- CONCLUSIONES

Del análisis llevado a cabo a lo largo del informe se puede concluir que la línea presenta unas condiciones actuales de explotación que pueden mantenerse una vez concluida la actuación completa e, incluso, incrementarse con referencia a la actualidad y a la Fase 1.

**Tabla 13. Resumen de circulaciones**

Circulaciones diarias	Viajeros a AC	Viajeros a SJN	Totales
Actualidad	13	16	29
Capacidad máxima Fase 1	24	24	48
Capacidad máxima Fase Final	48	31	79
Propuesta	28	20	48

La propuesta de circulaciones se plantea de manera realista teniendo en cuenta los tráficos actuales y la evolución que se puede generar. En comparativa con la máxima capacidad se puede observar que el cupo de surcos empleados en la Propuesta deja un amplio margen para absorber sin problema los incrementos de circulaciones tanto de viajeros como de mercancías que se produzcan en el futuro.

Esta actuación supondría un incremento del 65% de las circulaciones de viajeros respecto a la actualidad, dotando de un servicio uniforme a la vía con circulaciones cada 15 minutos en hora punta y cada 30 minutos el resto de los intervalos horarios.

En cuanto al tráfico de mercancías, se estiman 8 servicios por sentido, todas ellas con rebote en San Juan de Nieva, durante las franjas horarias de 10:00-16:00h y 20:00-22:00h, con una frecuencia de un tren por hora, dejando libres los intervalos horarios de 22:00-06:00h.