

ANEXO N°6
ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LA
RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución de Aguas Décima S.A. está compuesta por cañerías de diámetros entre 50 mm y 700 mm. Está construida principalmente en Acero, PVC, HDPE, Asbesto Cemento. La red de distribución tiene una longitud total del orden de los 383 Km. De este total, para la modelación se ha considerado una longitud de 106 Km., con 26 Km. de conducciones (definidas como tales en la Base de Infraestructura de la empresa).

La macrored simulada con el programa EPANET se ha ajustado con sectores de modelación definidos especialmente para esto. Dichos sectores de modelación fueron determinados por la empresa.

La verificación de la capacidad de la red de distribución se ha realizado para el caudal máximo horario y para el caudal máximo diario más el caudal debido al incendio (6 grifos operando en forma simultánea para el año 2023).

La presión mínima aceptada en la macro red es la definida por la normativa vigente, que es de 15 mca cuando se está considerando el caudal máximo horario, y de 5 mca para la verificación hidráulica cuando se utiliza el caudal máximo diario más el caudal de incendio.

La macro red simulada considera solamente los diámetros de 150 mm y mayores. En los casos en que fue necesario cerrar mallas, se utilizó otras cañerías existentes aún cuando tuvieran diámetros iguales o inferiores a 110 mm.

La simulación de la red en EPANET se realizó para los años 2018 (año 0); y para el año 2023 (año 5).

La demanda total corresponde a la demanda presentada en el Anexo de Demanda, descontando el consumo de COLBUN, ya que este es un cliente de la etapa de producción.

A continuación se entregan dos tablas que contienen los consumos y caudales que se usaron para la modelación de la red de agua potable.

Tabla N° 1: Consumos de Agua Potable, sin COLBUN.

AÑO		Cientes Regulados (m3)	Cientes No Regulados Sin COLBUN (m3)	Consumos Totales (m3/año)
Año Base	2018	9.951.362	61.783	10.013.145
Proyección para Plan de Desarrollo	2019	10.196.627	61.783	10.258.410
	2020	10.449.423	61.783	10.511.206
	2021	10.705.419	61.783	10.767.202
	2022	10.965.083	61.783	11.026.866
	2023	11.228.474	61.783	11.290.257
	2024	11.496.229	61.783	11.558.012
	2025	11.767.149	61.783	11.828.932
	2026	12.041.730	61.783	12.103.513
	2027	12.320.037	61.783	12.381.820
	2028	12.602.742	61.783	12.664.525
	2029	12.888.576	61.783	12.950.359
	2030	13.178.065	61.783	13.239.848
	2031	13.471.277	61.783	13.533.060
	2032	13.768.922	61.783	13.830.705
	2033	14.069.661	61.783	14.131.444

Tabla N° 2: Caudales de Agua Potable, sin COLBUN.

AÑO		Clientes	Caudales de consumo			Caudales con pérdidas de distribución		
			Q medio l/s	Q máx diario (l/s)	Q máx hor (l/s)	Q medio (l/s)	Q máx diario (l/s)	Q máx hor (l/s)
Año Base	2018	47.279	317,51	399,81	599,71	370,06	465,98	698,97
Proyección para Plan de Desarrollo	2019	48.154	325,29	409,60	614,40	379,13	477,39	716,09
	2020	49.031	333,31	419,70	629,54	388,47	489,16	733,73
	2021	49.907	341,43	429,92	644,88	397,93	501,07	751,60
	2022	50.782	349,66	440,28	660,43	407,53	513,15	769,73
	2023	51.657	358,01	450,80	676,20	417,26	525,41	788,11
	2024	52.535	366,50	461,49	692,24	427,16	537,87	806,81
	2025	53.411	375,09	472,31	708,46	437,17	550,48	825,72
	2026	54.286	383,80	483,27	724,91	447,32	563,26	844,88
	2027	55.162	392,62	494,39	741,58	457,60	576,21	864,31
	2028	56.040	401,59	505,67	758,51	468,05	589,36	884,04
	2029	56.916	410,65	517,09	775,63	478,62	602,67	904,00
	2030	57.792	419,83	528,65	792,97	489,32	616,14	924,21
	2031	58.668	429,13	540,35	810,53	500,15	629,78	944,67
	2032	59.546	438,57	552,24	828,36	511,15	643,63	965,45
	2033	60.423	448,11	564,25	846,37	522,27	657,63	986,44

Los caudales indicados en la tabla anterior, consideran sólo las pérdidas en la etapa de distribución que son iguales, y constantes para todo el período, a 14,20% y no consideran los consumos de COLBUN.

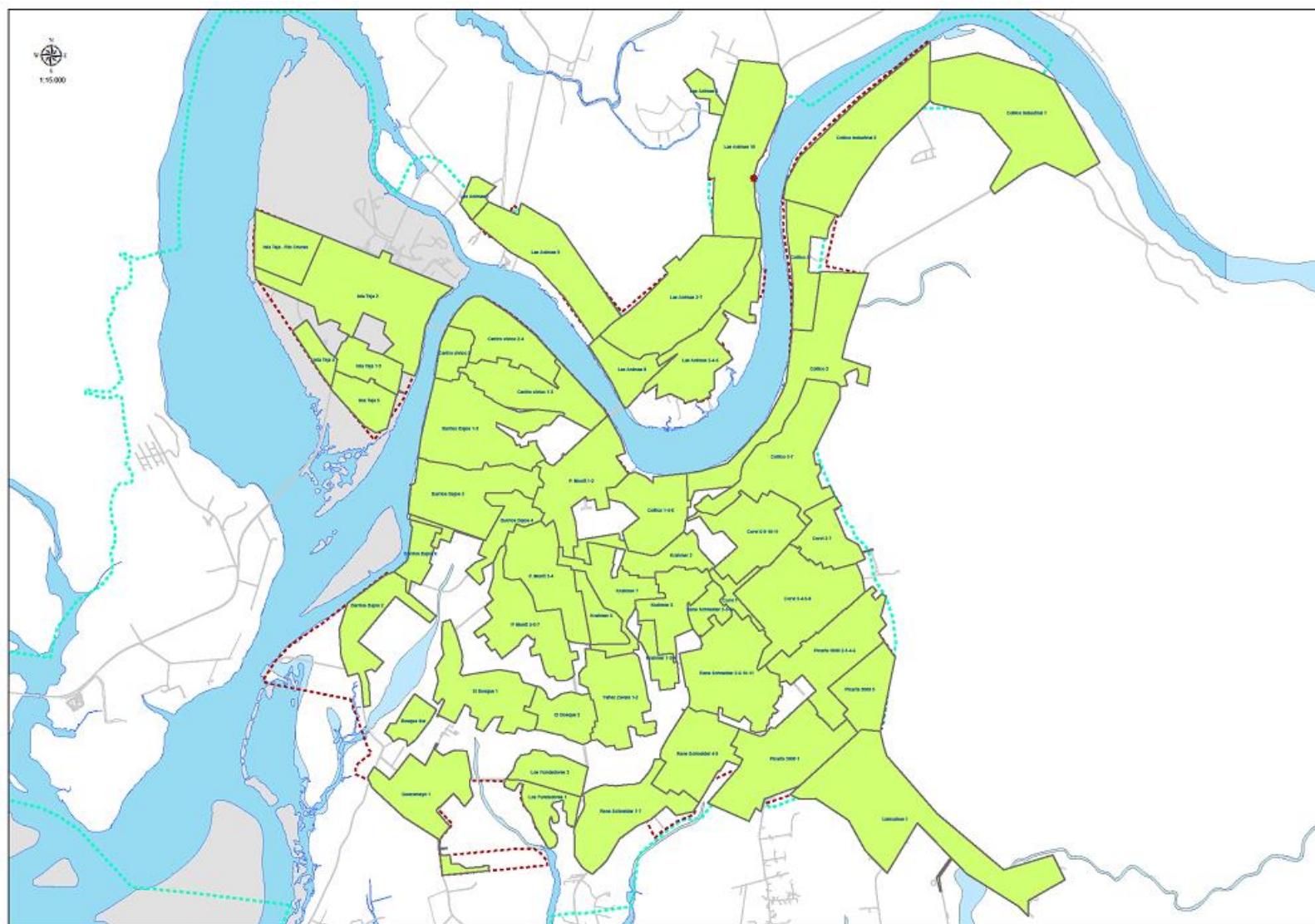
Luego, la verificación de la red se hizo para el caudal máximo horario y para el caudal máximo diario más incendio (escenario en que se consideraron 6 grifos de 16 l/s operando en forma simultánea), de acuerdo a los caudales entregados en la siguiente tabla.

Tabla N° 3: Caudales para modelación.

AÑO		Clientes	Caudales para modelación hidráulica	
			Q máx diario más Incendio (l/s)	Q máx horario (l/s)
Año Base	2018	47.279	561,98	698,97
Proyección para Plan de Desarrollo	2019	48.154	573,39	716,09
	2020	49.031	585,16	733,73
	2021	49.907	597,07	751,60
	2022	50.782	609,15	769,73
	2023	51.657	621,41	788,11
	2024	52.535	633,87	806,81
	2025	53.411	646,48	825,72
	2026	54.286	659,26	844,88
	2027	55.162	672,21	864,31
	2028	56.040	685,36	884,04
	2029	56.916	698,67	904,00
	2030	57.792	712,14	924,21
	2031	58.668	725,78	944,67
	2032	59.546	739,63	965,45
	2033	60.423	753,63	986,44

Para determinar los caudales por sector y por nodo de la modelación, se dividió el territorio operacional en 55 sectores de consumo. Esta división de sectores se entrega en la siguiente figura.

Figura N° 1: Sectores de Consumo de Agua Potable.



Luego, los caudales asociados a cada sector de consumo se determinaron en función de los datos reales entregados por la empresa por sector, para el año 2017. A continuación, se entregan los valores iniciales utilizados para realizar la modelación.

Tabla N° 4: Consumos por sectores de modelación de Agua Potable. Año 2017.

N°	NOMBRE	Consumos (%)	Consumos (m3/año)
1	Las Animas 6	0,21%	20.959
2	Las Animas 10	2,22%	217.130
3	Las Animas 3-7	2,92%	285.362
4	Las Animas 2-4-5	1,78%	173.918
5	Las Animas 8	0,89%	87.518
6	Las Animas 9	1,33%	129.954
7	Las Animas 1	0,03%	3.181
8	Isla Teja 2	3,48%	340.177
9	Isla Teja - Rio Cruces	1,27%	124.409
10	Isla Teja 1-3	1,09%	106.643
11	Isla Teja 5	0,57%	56.220
12	Isla Teja 4	0,19%	18.406
13	Collico Industrial 1	0,77%	75.736
14	Collico Industrial 2	1,16%	113.810
15	Collico 5	0,90%	88.352
16	Collico 2	0,76%	74.756
17	Collico 1-4-6	1,43%	139.843
18	P. Montt 1-2	2,62%	256.095
19	Centro civico 1-3	3,88%	380.017
20	Centro civico 2-4	3,24%	316.638
21	Centro civico 5	2,39%	233.553
22	Barriso Bajos 1-3	4,15%	406.371
23	Barrios Bajos 5	2,88%	281.375
24	Barrios Bajos 4	1,29%	125.903
25	Barrios Bajos 6	0,55%	53.471
26	Barrios Bajos 2	1,17%	114.189
27	P. Montt 3-4	2,63%	257.620
28	P. Montt 5-6-7	1,70%	166.503
29	Krahmer 7	1,32%	129.259
30	Krahmer 6	0,79%	77.498
31	Krahmer 2	1,00%	97.636
32	Krahmer 5	2,00%	195.652
33	Rene Schneider 3-5-8	0,60%	59.022
34	Bosque Sur	0,65%	63.835
35	El Bosque 1	1,92%	187.975
36	El Bosque 2	1,17%	114.393
37	Yañez Zavala 1-2	3,28%	321.274
38	Krahmer 1-3-4	0,78%	75.909
39	Rene Schneider 2-6-10-11	3,82%	373.793
40	Corvi 1	0,21%	20.898
41	Corvi 3-4-5-8	4,09%	400.046
42	Picarte 3000 2-3-4-6	3,73%	364.458
43	Picarte 3000 1	3,67%	358.625
44	Llancahue 1	3,57%	349.073
45	Picarte 3000 5	0,41%	39.845
46	Rene Schneider 4-9	2,81%	275.033
47	Rene Schneider 1-7	3,68%	360.401
48	Los Fundadores 2	0,97%	95.303

Continuación Tabla N° 4: Consumos por sectores de modelación de Agua Potable. Año 2013.

N°	NOMBRE	Consumos (%)	Consumos (m3/año)
49	Los Fundadores 1	0,93%	90.639
50	Guacamayo 1	3,28%	320.911
51	Corvi 2-7	1,35%	131.672
52	Collico 3-7	2,55%	249.474
53	Corvi 6-9-10-11	3,20%	312.710
54	Mahuiza II	0,42%	41.078
55	Las Animas 11	0,30%	29.473
	TOTAL	100,00%	9.783.994

Luego, para determinar los consumos por sector de modelación, para cada año del período de previsión analizado se mantuvo constante el porcentaje que representa cada sector (de acuerdo al consumo por sector del año 2017) en relación con el consumo total de ese año.

Considerando la demanda total proyectada para todo el sistema, (sin COLBUN), y los porcentajes de consumos antes señalados, fue posible determinar los consumos asociados a cada sector de modelación. Estos consumos se repartieron por nodos de la modelación de acuerdo a la siguiente distribución:

Tabla N° 5: Sectores de modelación de Agua Potable y Nodos EPANET.

N°	NOMBRE	Nodos EPANET modelados por sector
1	Las Animas 6	nodo 4003
2	Las Animas 10	nudo 14003; 4006, y 30 (1/3)
3	Las Animas 3-7	nudo 24244
4	Las Animas 2-4-5	nudo 24014; 24012; 24013, 24021 y 24010 (1/5)
5	Las Animas 8	nudo 23216 y 23212
6	Las Animas 9	nudo 13010 y 12049
7	Las Animas 1	nudo 12049
8	Isla Teja 2	nudo 22024, 12011, 22002, 11094 y 11053
9	Isla Teja - Rio Cruces	nudo 42
10	Isla Teja 1-3	nudo 21011 y 22060
11	Isla Teja 5	nudo 21021
12	Isla Teja 4	nudo 21016
13	Collico Industrial 1	nudo 13
14	Collico Industrial 2	nudo 5004
15	Collico 5	nudo 14103; 14108 y 24238 (1/3)
16	Collico 2	nudo 24097, 34045 y 34003
17	Collico 1-4-6	nudo 34003, 33341, 33339, 33344, 33370, 33590, 33307, 33310
18	P. Montt 1-2	nudo 23084, 33488, 33035, 33291, 33054, 33307, 33504, 33490
19	Centro civico 1-3	nudo 23041, 23095, 22187 y 22349
20	Centro civico 2-4	nudo 23051, 22140 y 22358
21	Centro civico 5	nudo 5, 22154, 22181 y 22198
22	Barrio Bajos 1-3	nudo 22198, 22223, 22262, 22304, 22340, 22245, 22212
23	Barrios Bajos 5	nudo 22304, 22340, 32053 y 33060
24	Barrios Bajos 4	nudo 32069 y 33060
25	Barrios Bajos 6	nudo 32050
26	Barrios Bajos 2	nudo 32115 y 41001
27	P. Montt 3-4	nudo 28, 27, 26 y 33551
28	P. Montt 5-6-7	nudo 32137, 43294 y 43025
29	Krahmer 7	nudo 8 y 43050
30	Krahmer 6	nudo 43046
31	Krahmer 2	nudo 17 (1/2) y 34071 (1/4) ; 34070 (1/4)
32	Krahmer 5	nudo 34623, 44470 y 33521

Continuación Tabla N° 5: Sectores de modelación de Agua Potable y Nodos EPANET.

N°	NOMBRE	Nodos EPANET modelados por sector
33	Rene Schneider 3-5-8	nudo 34508 y 34572
34	Bosque Sur	nudo 36
35	El Bosque 1	nudo 54, 21, 15, 20 y 43376
36	El Bosque 2	nudo 43372, 43402 y 43256
37	Yañez Zavala 1-2	nudo 43115 y 43351
38	Krahmer 1-3-4	nudo 43058, 24 y 44013
39	Rene Schneider 2-6-10-11	nudo 44311, 44248, 44025, 44359 y 44273
40	Corvi 1	nudo 34508
41	Corvi 3-4-5-8	nudo 34269, 34356, 34774, 44379, 34506 y 35079
42	Picarte 3000 2-3-4-6	nudo 44408, 44543, 45024, 35205, 45067 y 45045
43	Picarte 3000 1	nudo 45088, 44673, 23 y 44665
44	Llancahue 1	nudo 55008, 55006 y 56001
45	Picarte 3000 5	nudo 6
46	Rene Schneider 4-9	nudo 44083, 44669 y 16
47	Rene Schneider 1-7	nudo 95 y 186
48	Los Fundadores 2	nudo 192 y 128
49	Los Fundadores 1	nudo 192 y 128
50	Guacamayo 1	nudo 53035(2/5) y 98, 11 y 9
51	Corvi 2-7	nudo 34274, 34788, 34184 y 34728
52	Collico 3-7	nudo 24184, 24116, 34673 y 34139
53	Corvi 6-9-10-11	nudo 34139, 34269 y 34054
54	Mahuiza II	nudo 45122
55	Las Animas 11	Nudo 21016

Con estos datos, se realizó la verificación de las redes.

A continuación se presentan los resultados obtenidos:

a.- Año 2018 (año 0).

En este escenario se considera el caudal máximo horario igual a 698,97 l/s (294,0312 l/s salen desde los estanques Inés de Suárez y 453,2182 l/s es el caudal de salida desde el estanque Picarte).

De acuerdo a los resultados de la modelación no se presenta déficit de presión en ninguno de los nodos analizados.

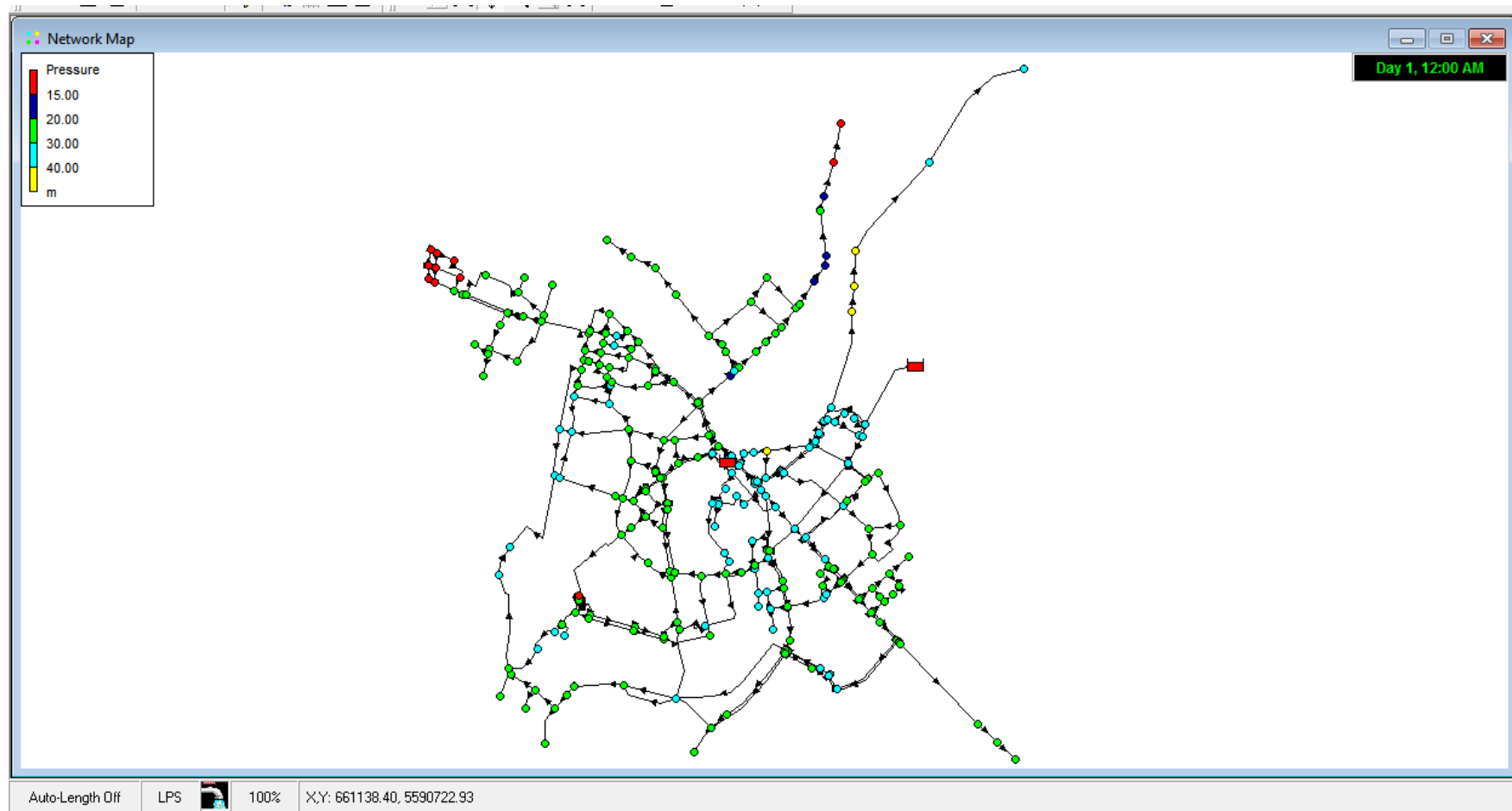
En la siguiente tabla se entregan los resultados, detallando los nodos que registran las mayores y menores presiones disponibles.

Tabla N° 6: Red de distribución. Año 2018.

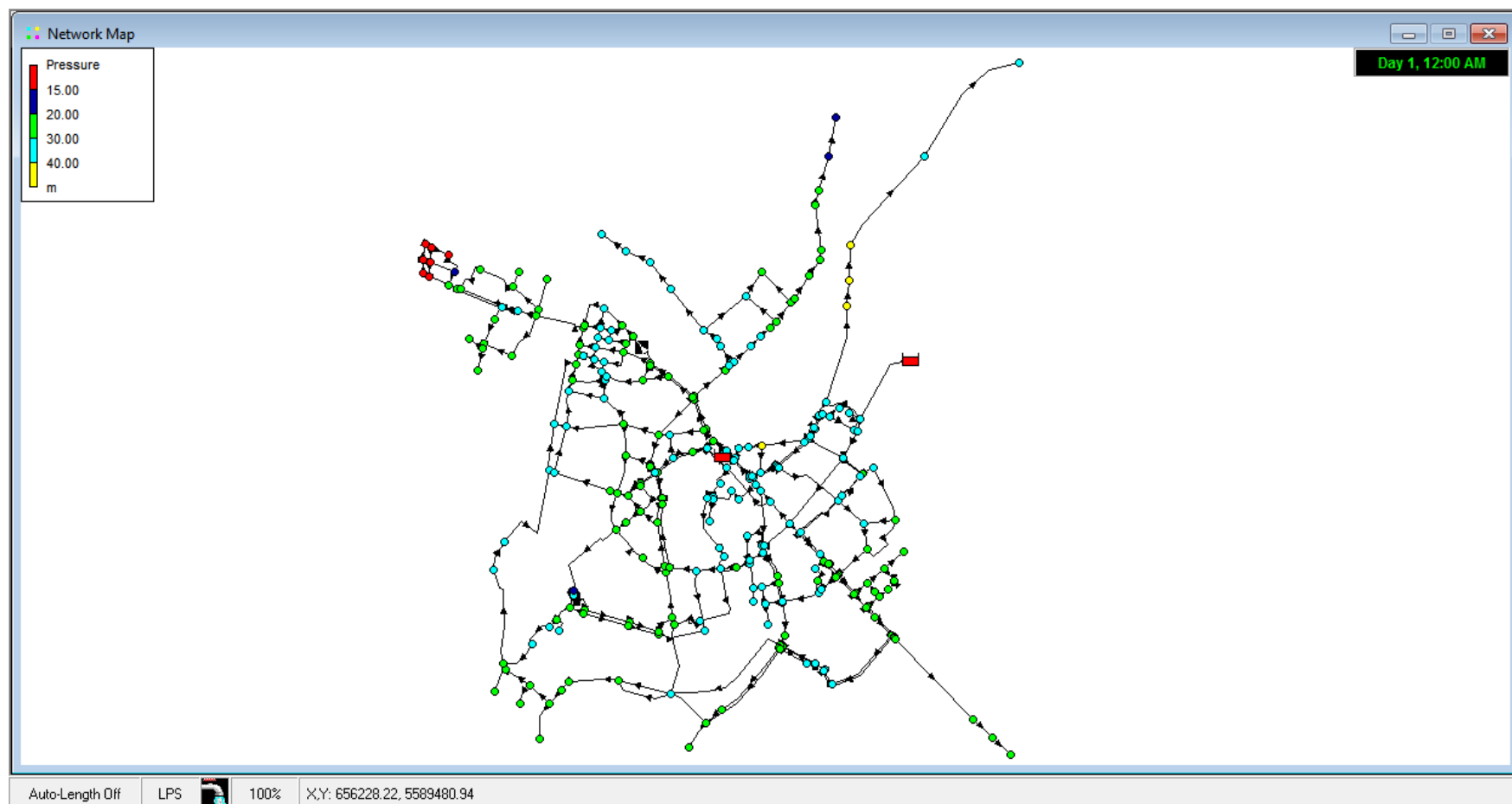
Año	Identificación del Nodo	Presión (mca)
2018	Junc 55	17,59
	Junc 53	17,83
	Junc 14103	41,48
	Junc 34003	40,09

La tabla anterior no considera los nodos de la red presurizados desde la PEAP Las Ánimas y desde la PEAP Isla Teja.

RED AP AÑO 2018. Q Máx. horario.



RED AP AÑO 2018. Q Máx. diario + incendio.



b.- Año 2023 (año 5).

En este escenario se considera el caudal máximo horario 788,11 l/s (400,8406 l/s salen desde los estanques Inés de Suárez y 387,2736 l/s es el caudal de salida desde el estanque Picarte), para la situación sin proyecto.

En la siguiente tabla se entregan los resultados, detallando los nodos que registran las menores presiones disponibles.

Tabla N° 7: Red de distribución. Año 2023.

Año	Identificación del Nodo	Presión (mca)
2023	Junc 55	14,81
	Junc 53	15,09

La tabla anterior no considera los nodos de la red presurizados desde la PEAP Las Ánimas y desde la PEAP Isla Teja.

Tal como se ve en la tabla anterior, existen nodos en la modelación que no cumplen con la Norma Nch 609. Por ello, y como solución a esta situación, dentro de las inversiones consideradas en la presente actualización del Plan de Desarrollo de Aguas Décima, se plantea la construcción de un refuerzo de red de agua potable en el año 2022, para estar operativo en el año 2023.

Este refuerzo se construirá en cañería de HDPE, con un diámetro de 355 mm y tendrá una longitud de 497 metros. El refuerzo indicado se emplazará en la proyección de la calle Av. Matta hacia el sector de Las Ánimas (entre los nodos de la modelación 14108 a 45).

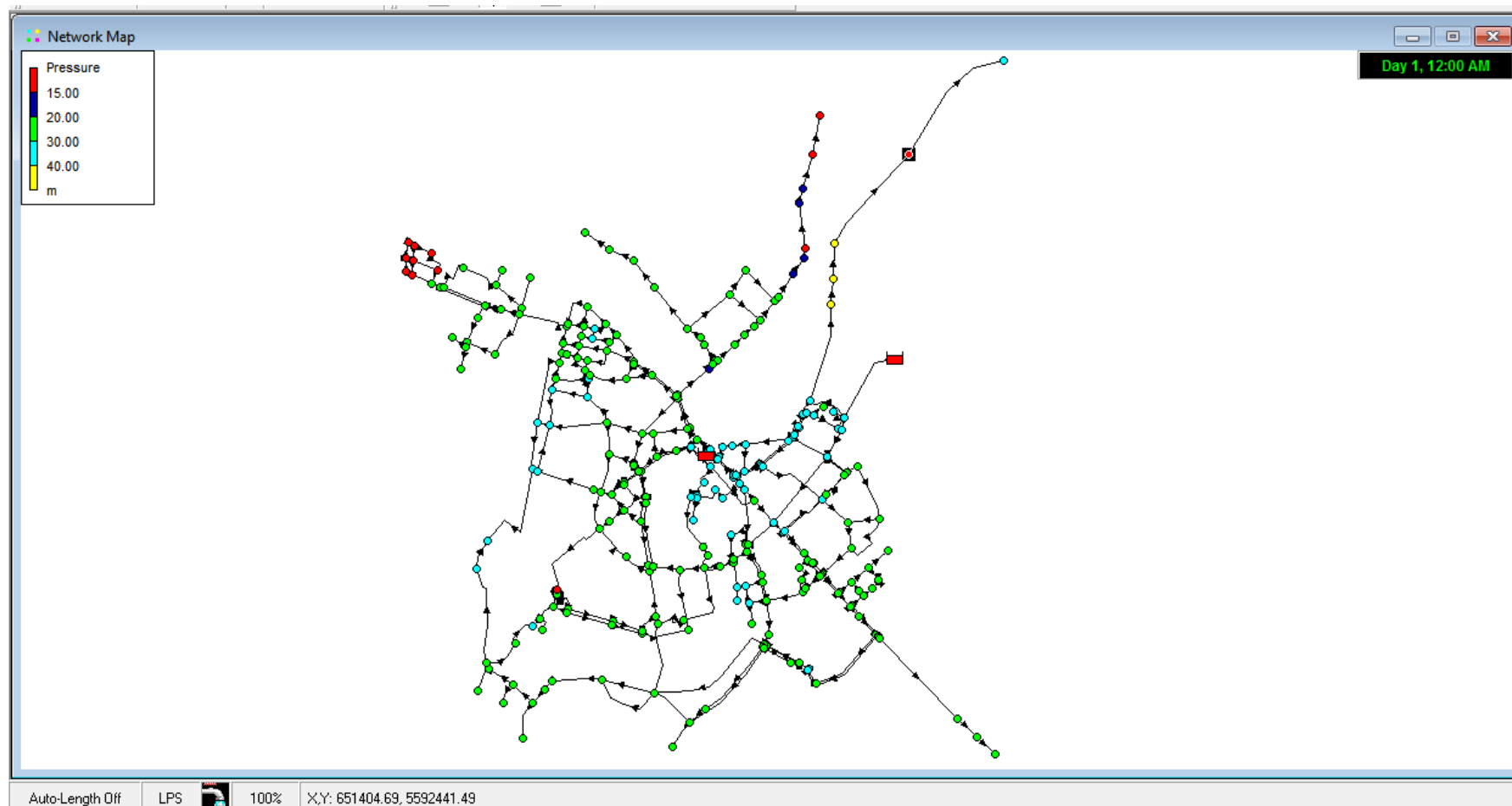
Una vez construido el refuerzo de red, los estanques Inés de Suárez entregarán 433,5987 l/s y el estanque Picarte entregará 354,3176 l/s.

Con esta solución no existirán nodos con presiones menores a 15 mca. La presión resultante una vez construido el refuerzo en los nodos indicados en la tabla anterior, se entrega a continuación.

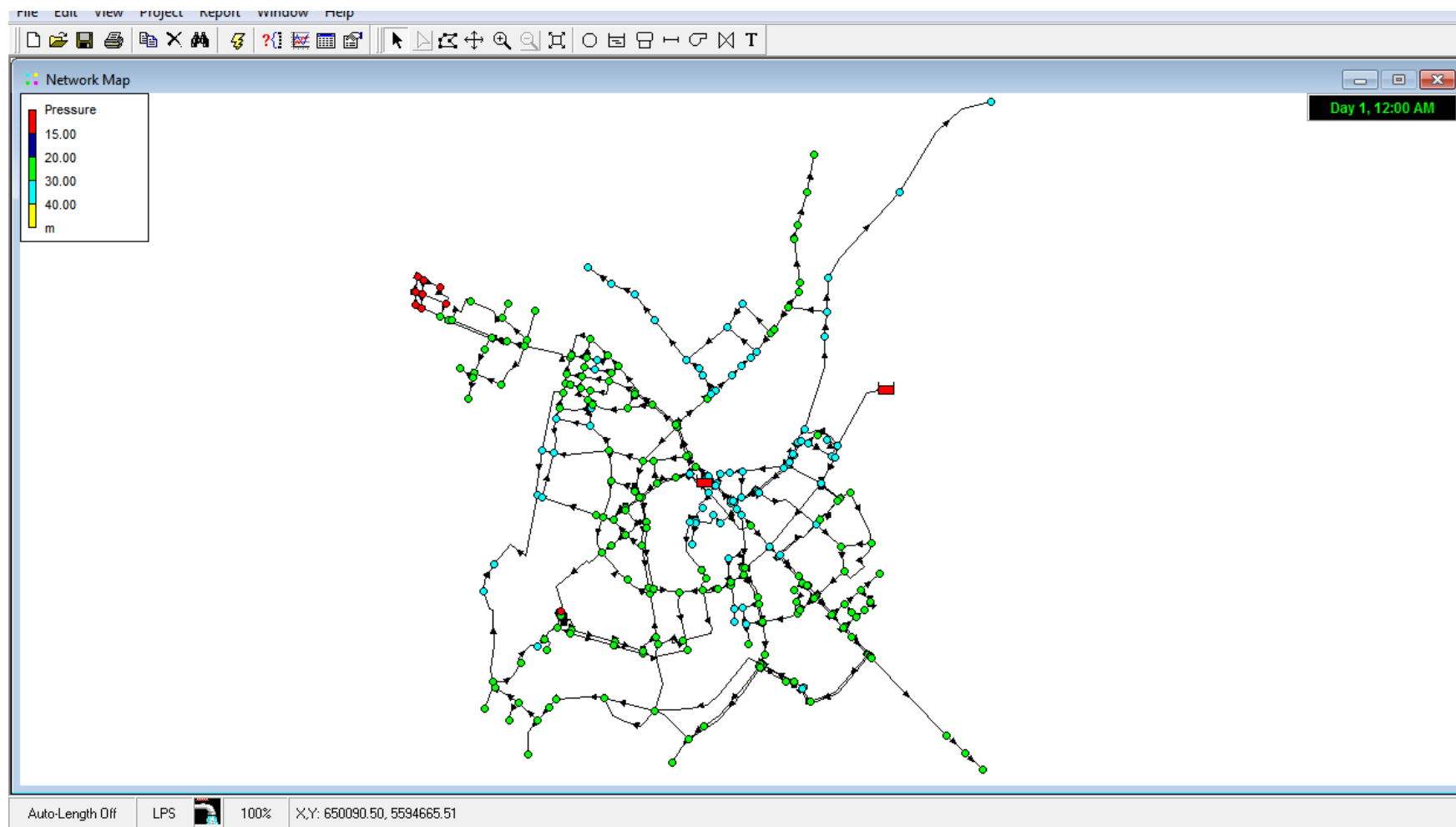
Tabla N° 8: Red de distribución. Año 2023. Con refuerzo.

Año	Identificación del Nodo	Presión (mca)
2023	Junc 55	24,93
	Junc 53	25,21

RED AP AÑO 2023. Q Máx. horario. SOLUCION SIN PROYECTO



RED AP AÑO 2023. Q Máx. horario. SOLUCION CON PROYECTO



RED AP AÑO 2023. Q Máx. diario + incendio. SOLUCION CON PROYECTO.

