

REPÚBLICA ARGENTINA

REMODELACIÓN Y PROLONGACIÓN DE COLECTORES CLOACALES Y PLANTA DEPURADORA CLOACAL DE LA CAPITAL DE CORRIENTES

ACTUALIZACIÓN DEL INFORME FINAL

CAPÍTULO 3 - EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICAS

ÍNDICE

1. RESUMEN EJECUTIVO	5
2. INTRODUCCIÓN	6
3. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DE ALTERNATIVAS	9
3.1. EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA – PLANTA DEPURADORA.....	9
3.1.1. Introducción.....	9
3.1.2. Alternativas Técnicas – estabilización de barros	12
3.1.2.1. Introducción	12
3.1.2.2. Alternativa I-B: Digestión Anaeróbica	12
3.1.2.3. Alternativa II-B: Digestión Aeróbica.....	16
3.1.2.4. Alternativa económica – financiera seleccionada Barros.....	20
3.1.3. Alternativas Técnicas Sistemas de Tratamiento	21
3.1.3.1. Introducción	21
3.1.3.2. Alternativa I-PD: Barros Activados convencionales	22
3.1.3.3. Alternativa II-PD: Zanjas de Oxidación	36
3.1.3.4. Alternativa III-PD: Lechos Percoladores con Manto plástico	46
3.1.3.5. Alternativa IV-PD: Lagunas Aireadas.....	57

3.1.3.6. Alternativa Seleccionada económica – financiera Plantas Depuradoras	64
3.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA - FINANCIERA COLECTOR ALIVIADOR SUR	64
3.2.1. Introducción.....	64
3.2.2. Alternativa I-C: Colector Aliviador Sur	69
3.2.3. Alternativa II-C: Sin Colector Aliviador Sur.....	71
3.2.4. Alternativa Económica – Financiera Seleccionada	73
4. EVALUACIÓN AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS	74
4.1. INTRODUCCIÓN	74
4.2. EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE PLANTAS DEPURADORAS.....	74
4.3. EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS DIGESTIÓN DE BARROS.....	76
4.4. EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS COLECTOR ALIVIADERO SUR	77
5. CONCLUSIONES FINALES	79
5.1. PLANTAS DEPURADORAS.....	79
5.2. DIGESTIÓN DE BARROS.....	79
5.3. COLECTOR ALIVIADERO SUR	79
6. REPRESENTACIÓN GRÁFICA ALCANCE DEL PROYECTO	79
7. ANEXO I: ANÁLISIS DE PRECIOS.....	80
7.1. INTRODUCCIÓN	80
7.2. HORMIGÓN	81
7.3. BOCAS DE REGISTRO.....	83
7.4. EXCAVACIÓN PLANTA	84
7.5. BARANDAS DE SEGURIDAD	85
7.6. TERRAPLENES LAGUNAS.....	85
7.7. EXCAVACIÓN DE LAGUNAS.....	86
7.8. MEMBRANAS LAGUNAS	86
7.9. VEREDAS PERIMETRALES PLANTAS DE TRATAMIENTO.....	87
7.10. ALAMBRADO PERIMETRAL OLÍMPICO PLANTAS	89
7.11. SISTEMA DE EXTRACCIÓN BARROS LAGUNAS.....	89
7.12. LIMPIEZA Y NIVELACIÓN DEL TERRENO.....	90
7.13. CAÑERÍA COLECTOR ALIVIADERO SUR.....	90
7.14. CAÑERÍAS DE IMPULSIÓN	91
7.15. EXCAVACIÓN DE CAÑERÍAS.....	94
7.16. RELLENO DE CAÑERÍAS	95
8. ANEXO II: CUADRO Nº 1: EVALUACIÓN ECONÓMICA – FINANCIERA PLANTAS DEPURADORAS	96
9. ANEXO III: CUADRO Nº 2: EVALUACIÓN ECONÓMICA – FINANCIERA ESTABILIZACIÓN DE BARROS.....	97
10. ANEXO IV: CUADRO Nº 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA – FINANCIERA – COLECTOR ALIVIADERO SUR.....	98
11. ANEXO V. PLANOS	99

LISTA DE ILUSTRACIONES

TABLAS

Tabla 1: Cómputo Digestores Anaeróbicos Primarios	14
Tabla 2: Cómputo Digestores Secundarios – Cubierta Móvil.....	15
Tabla 3: Costo de Construcción Alternativa I-B: Digestores Aeróbicos (año 2013)	15
Tabla 4: Cómputo Digestores Aeróbicos.....	18
Tabla 5: Costo de Construcción Alternativa I-B: Digestores Aeróbicos (año 2013)	19
Tabla 6: Valor presente neto alternativas Técnicas Barros (tasa 10 %) al año 2013.....	20
Tabla 7: Costo Total Alternativas Técnicas (tasa 0%) al año 2013.....	20
Tabla 8: Cómputo métrico Tanques de Aireación	26
Tabla 9: Cómputo métrico Sedimentadores Primarios	28
Tabla 10: Cómputo métrico Sedimentador Secundario	30
Tabla 11: Cómputo métrico espesador de Barro TA	32
Tabla 12: Costo de Construcción Alternativa I – Tanque de Aireación (año 2013).....	33
Tabla 13: Costos de Construcción Alternativa I-PD: Tanques de Aireación (año 2013)	35
Tabla 14: Cómputo métrico Zanjas de Oxidación	42
Tabla 15: Costo de Construcción Alternativa II – PD: Zanjas de Oxidación (año 2013)	44
Tabla 16: Costo de Construcción Alternativa II-PD: Zanja de Oxidación (año 2013)	45
Tabla 17: Cómputo Lecho Percolador.....	49
Tabla 18: Cómputo métrico Sedimentador Secundario	50
Tabla 19: Cómputo Espesadores de Barros para LP	53
Tabla 20: Costo de Construcción Alternativa III-PD – Lechos Percoladores manto plástico (año 2013)	54
Tabla 21: Costo de Construcción Componentes Alternativa III-PD: Lechos Percoladores con Manto Plástico (año 2013)	56
Tabla 22: Cómputo métrico Lagunas Aireadas.....	60
Tabla 23: Costo de Construcción Alternativa IV-PD – Lagunas Aireadas y de Sedimentación (año 2013).....	62
Tabla 24: Valor presente neto alternativas Técnicas Planta (tasa 10 %) (año 2013).....	64
Tabla 25: Determinación de la población servida por cuenca (Ñapindá, Cementerio y Santa Catalina) – Alternativa I-C.....	69
Tabla 26: Caudales a bombear y potencia de equipamiento estimado para la estación de bombeo Cementerio.....	70
Tabla 27: Potencia aproximada estación de bombeo Cementerio.....	70
Tabla 28: Presupuesto Colector Aliviadero Sur (año 2013)	70
Tabla 29: Presupuesto Cañería de Impulsión Cementerio con Colector Aliviadero Sur (año 2013)	70
Tabla 30: Costo Estación de Bombeo Cementerio (año 2013)	70
Tabla 31: Determinación de la población servida por cuenca (Ñapindá, Cementerio y Santa Catalina) Alternativa II-C.....	71
Tabla 32: Caudales a bombear y potencia de equipamiento estimado para la estación de bombeo Cementerio.....	72
Tabla 33: Potencia aproximada estación de bombeo Cementerio.....	72
Tabla 34: Presupuesto Cañería de Impulsión Cementerio con Colector Aliviadero Sur (años 2013)	73
Tabla 35: Costo Estación de Bombeo Cementerio (año 2013)	73
Tabla 36: Valor presente neto alternativas Técnicas Colector Aliviadero Sur (tasa 10 %) (año 2013)	74
Tabla 37: Matriz de evaluación ambiental – Alternativa Plantas Depuradoras.....	76
Tabla 38: Matriz de evaluación ambiental – Alternativas Digestión de Barro.....	77
Tabla 39: Matriz de evaluación ambiental – Alternativa Colector Aliviadero Sur	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Rosa de Los Vientos Ciudad de Corrientes	21
--	----

Figura 2: Fotografía aérea que indica el Aliviador Colector Sur	66
Figura 3: Sectores actualmente servidos por los colectores Ñapindá y Cuenca Cementerio	67
Figura 4: Sector a servir por el nuevo colector aliviador sur	68

1. RESUMEN EJECUTIVO

En el presente informe, se analizan distintas alternativas de tratamiento y transporte de los desagües cloacales de la ciudad de Corrientes, a los fines de establecer cuáles son las más convenientes para el proyecto. Éste estará compuesto por los siguientes componentes:

- Construcción de la Estación de Bombeo Cementerio (1000 L/s): Esta tendrá capacidad para evacuar el caudal presente y futuro de todo el sector que descarga sobre el actual emisario al río Paraná, ubicado en la zona cercana al cementerio de la ciudad. El líquido será impulsado hacia la estación de bombeo Ñapindá.
- Construcción de la Estación de Bombeo Ñapindá (1600 L/s): Esta interceptará el emisario que descarga en el arroyo del mismo nombre, y lo impulsará hacia el colector Santa Catalina. Además, recibirá lo impulsado desde la EB Cementerio.
- Construcción de la Cañería de Impulsión que une la EB Cementerio con la EB Ñapindá (diámetro 900 mm y 4500 m de longitud).
- Construcción de la cañería de impulsión que impulsa desde la estación de bombeo Ñapindá hasta el comienzo del colector Santa Catalina (diámetro 1200 mm y longitud 1900 m).
- Construcción del colector Santa Catalina: este recepcionará lo impulsado por la EB Ñapindá, y a futuro, por los nuevos barrios que se construirán en Santa Catalina, conduciendo el efluente hacia la planta depuradora (1400 mm de diámetro y 3200 m de longitud).
- Construcción Planta Depuradora (115.200 m³/d): esta recibirá el efluente de toda la ciudad y lo tratará antes de descargarlo sobre el río Paraná.

Para la evaluación de alternativas técnicas se utilizó el método del costo mínimo, resultando como más conveniente aquella que presente un menor valor presente neto de las inversiones más los costos operativos, para una tasa de descuento del capital del 10 %. Se analizaron todos aquellos costos que diferencian a una alternativa con respecto a las demás, no considerando los que son comunes a todas.

La ciudad de Corrientes carece de una planta de tratamiento de efluentes, y se ha previsto construir una nueva con una capacidad máxima de tratamiento de 115.200 m³/d, compuesta por cuatro módulos iguales con una capacidad de 28.800 m³/d cada uno, ubicada al Sur de la ciudad en el sector de Santa Catalina, terrenos que entregó el Ejército Argentino a la Municipalidad de Corrientes. Se estudiaron varias alternativas de tratamiento, resultando como más conveniente para la planta depuradora, construir un sistema de lechos percoladores con mantos plásticos y digestión anaeróbica de los barros.

Con las obras mencionadas se cubrirán las necesidades de tratamiento para una cobertura de servicio del 90 % al año 2036. Éste será el último año del periodo de diseño de las instalaciones (20 años).

Se analizó también, la variante técnica de construir un colector interceptor de 1000 mm de diámetro de la actual tubería que descarga sobre el "Cementerio" y desviarlo al hacia el colector "Ñapindá". Con esta alternativa resultaría menor el tamaño de la estación de bombeo "Cementerio", al captar gran parte de la ciudad con el nuevo interceptor. Del análisis de estas dos alternativas resultó más conveniente, la de no construir esta tubería

interceptora y ejecutar una EB más grande en el Cementerio, captando toda la cuenca que desagua actualmente sobre el emisario al río Paraná.

Se analizaron también las alternativas desde un punto de vista ambiental, comparando las ventajas y desventajas de cada una con respecto a las demás, en cuanto a la afectación al medio ambiente. Podría resultar, que una alternativa analizada desde el punto económico – financiero sea mejor, pero perjudique mayormente al ambiente, por lo que se podría elegir otra con mejor performance ambiental. En este caso, las distintas alternativas presentan poca variación en la calidad al medio ambiente, por lo que la elección se realizó principalmente considerando el método del costo mínimo.

2. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Corrientes carece de una planta de tratamiento de efluentes, y se ha previsto construir una nueva con una capacidad máxima de tratamiento de 115.200 m³/d, compuesta por cuatro módulos iguales con una capacidad de 28.800 m³/d cada uno. Con esto se cubrirán las necesidades de tratamiento para una cobertura de servicio del 90 % al año 2036. Éste será el último año del periodo de diseño de las instalaciones (20 años).

Para analizar las distintas alternativas técnicas del sistema de tratamiento, se realizará una comparación de las mismas desde el punto de vista económico – financiero, y desde una perspectiva ambiental, eligiendo aquella que satisfaga ambos análisis.

La evaluación de alternativas se realizará comparando únicamente los costos que las diferencian, aplicando el método de costo mínimo. Aquella que resulte con un valor presente neto menor de las inversiones más los costos operativos para una tasa de descuento del capital del 10 %, será la más conveniente.

Se evaluarán cuatro tipos distintos de sistemas de tratamiento:

- Alternativa I - PD: Sistema de Barros Activados Convencionales.
- Alternativa II - PD: Sistema de Aireación Extendida
- Alternativa III - PD: Lechos Percoladores Plásticos.
- Alternativa IV - PD: Lagunas Aireadas

Para cada alternativa técnica, anexado al presente informe (Cuadro N°1, Cuadro N° 2 y Cuadro N° 3), se presenta un plano con los croquis de funcionamiento y las cargas orgánicas de ingreso y egreso de cada sistema.

También, se analizará la conveniencia de utilizar Digestores Anaeróbicos o Aeróbicos, en dos de las alternativas estudiadas (Alternativas I, III), ya que las demás no necesitan de estas de unidades. Para esto se utilizará el mismo método propuesto para la evaluación de alternativas de planta. Por lo tanto se evaluarán las siguientes variantes:

- Alternativa I-B: Digestión Anaeróbica del Barro
- Alternativa II-B Barros: Digestión Aeróbica del Barro

Para el dimensionamiento de las unidades, se ha previsto ingresar con una DBO₅ = 255 mg/L y descargar con menos de 40 mg/L. Esto último es para considerar un valor algo menor a 50 mg/L, que fue la meta establecida en el Informe I. La concentración de diseño surge de considerar un aporte de 250 mg/L proveniente de los desagües de la ciudad

para un caudal de 115.200 m³/d, y una concentración de DBO₅ de 3500 mg/L para camiones atmosféricos, descargado 20 unidades de 8 m³ cada uno por día (160 m³/d). En el predio de la planta, se construirá una dársena de recepción para la descarga de los camiones atmosféricos y un tanque de compensación de calidad que evite cargas puntuales que puedan ser nocivas para el tratamiento.

En cuanto a las redes, se establecerá la conveniencia o no de construir el colector aliviadero sur, que intercepta gran parte de la cuenca actual del cementerio y la conduce hacia el colector Ñapindá, el cual haría disminuir el tamaño de la estación de bombeo del Cementerio. Para esto se evaluarán dos variantes técnicas:

- Alternativa I-C: Con Colector Aliviadero Sur
- Alternativa II-C: Sin Colector Aliviadero Sur

Para la evaluación de las alternativas técnicas de las plantas de tratamiento, se analizarán los siguientes componentes que las distinguen entre sí:

Alternativa I-PD: Sistemas de Barros Activados Convencionales – Tanques de Aireación

- Limpieza y Nivelación del Terreno
- Costo de construcción del sedimentador primario.
- Costo de construcción del Tanque de Aireación.
- Costo de construcción del sedimentador secundario.
- Costo de construcción estación de bombeo de recirculación.
- Costo de construcción de los espesadores de barros.
- Costo de construcción de los digestores.
- Costo de construcción Edificios: Sala de Sopladores, Sala comando de Digestores y Sala de Tableros EB de recirculación.
- Costo cañerías de intercomunicación Unidades
- Costo transformación de energía eléctrica y grupo electrógeno.
- Costo de Alambrado Perimetral
- Costo del terreno de implantación.
- Costo de Reposición de los Activos Electromecánicos.
- Costo de energía eléctrica de recirculación.
- Costo de energía eléctrica del Tanque de Aireación.
- Costo de mantenimiento corriente.

Alternativa II-PD: Sistema de Aireación Extendida

- Limpieza y Nivelación del Terreno.
- Costo de construcción de la Zanja de Oxidación.
- Costo de construcción del sedimentador secundario.
- Costo Construcción Espesadores.
- Costo de construcción estación de bombeo de recirculación.
- Costo de construcción Edificios: Sala de Sopladores, Sala comando de Digestores y Sala de Tableros EB de recirculación.
- Costo de construcción Edificios: Sala de Sopladores, Sala comando de Digestores y Sala de Tableros EB de recirculación.
- Costo del terreno de implantación lagunas.
- Costo Alambrado Perimetral.
- Costo de cañerías de intercomunicación.

- Costo transformación de energía eléctrica y grupo electrógeno.
- Costo de Reposición de los Activos Electromecánicos.
- Costo de energía eléctrica de recirculación.
- Costo de energía eléctrica del Tanque de Aireación.
- Costo de mantenimiento corriente.

Alternativa III-PD: Lechos Percoladores o Filtros Biológicos con Mantos Plásticos.

- Limpieza y Nivelación del Terreno
- Costo de Construcción Sedimentador primario.
- Costo de construcción del Lecho Percolador Manto Plástico.
- Costo de Construcción Sedimentador Secundario.
- Costo de construcción estación de bombeo de recirculación.
- Costo de construcción de los espesadores de barros.
- Costo de construcción de los digestores anaeróbicos.
- Costo de construcción Edificios: Sala comando de Digestores y Sala de Tableros EB de recirculación.
- Costo transformación de energía eléctrica y grupo electrógeno.
- Costo del terreno de implantación lagunas.
- Alambrado perimetral.
- Costo de Reposición de los Activos Electromecánicos.
- Costo de la energía eléctrica para elevar el líquido a la torre del lecho percolador de 6,00 m.
- Costo de mantenimiento corriente.

Alternativa IV-PD: Lagunas Aireadas

- Limpieza y Nivelación del Terreno
- Costo de las lagunas aireadas
- Costo de las lagunas de sedimentación
- Costo espesadores de barros
- Costo transformación de energía eléctrica y grupo electrógeno.
- Balsa y Bomba para extracción de Barros Lagunas de Sedimentación.
- Costo del terreno de implantación lagunas.
- Costo Alambrado Perimetral.
- Costo de Reposición de los Activos Electromecánicos.
- Costo energía eléctrica lagunas aireadas
- Costo de mantenimiento corriente.

Para la evaluación del sistema de digestión de barros, se ha previsto los siguientes aspectos:

Alternativa I-B: Digestión anaeróbica de los Barros

- Costo de Construcción Digestores Primarios
- Costo de Construcción Digestores Secundarios
- Costo de mantenimiento de las instalaciones

Alternativa II-B: Digestión aeróbica de los Barros

- Costo de Construcción Digestores Aeróbicos
- Costo de energía eléctrica digestión aeróbicas
- Costo de mantenimiento de las instalaciones

Además de estudiar las alternativas técnicas desde un punto de vista económico – financiero, se las evaluará desde una perspectiva ambiental. Para cada variante, se construirá una matriz de valor para compararlas, considerando las ventajas y desventajas de cada alternativa con respecto a las demás. Esta evaluará con un puntaje de 0 a 1, el grado de afectación al ambiente. El valor “0” se refiere a la situación más desfavorable y el valor “1” a la más conveniente. Se aclara que esta técnica será utilizada para el estudio de alternativas técnicas y que el estudio de impacto ambiental completo será motivo de un capítulo independiente a presentar en un informe posterior.

3. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DE ALTERNATIVAS

3.1. EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA – PLANTA DEPURADORA

3.1.1. Introducción

Las inversiones y costos operativos considerados para evaluar las distintas alternativas, son las que las diferencian. El porqué de la elección de los distintos componentes analizados, es explicado en los siguientes párrafos:

Los costos que se consideraron, son los que originalmente fueron calculados en el año 2013, que a los efectos de comparar alternativas, se han considerado adecuados para este informe de actualización. Al momento de presupuestar la alternativa seleccionada (ver Capítulo 4.4) se utilizarán los precios correspondientes al año 2016.

Digestión de Barros: primeramente se debe evaluar entre la digestión de barros a través de un proceso anaeróbico o aeróbico. Como se depende del análisis de alternativas, en este caso se opta por digestores anaeróbicos. Se describen las diferencias para estas unidades en las distintas alternativas:

Alternativa I-PD – Tanques de Aireación: En esta es necesario construir digestores de barros para estabilizarlos.

Alternativa II-PD – Zanjas de Oxidación: Aquí no es necesario construir digestores de barros, porque la estabilización se logra junto al líquido en el reactor aeróbico a través de una aireación extendida.

Alternativa III-PD – Lechos percoladores con mantos plásticos: Al igual que en la alternativa I, los barros deben ser estabilizados antes de deshidratarlos.

Alternativa IV-PD – Lagunas Aireadas: En este caso no es necesario construir digestores. El barro es estabilizado junto con el tratamiento del líquido dentro del reactor.

Unidades de Tratamiento: Se computan y presupuestan las siguientes unidades de tratamiento:

Tanques de Aireación: Se dimensiona y analiza el costo del tanque de aireación para la primera alternativa.

Zanjas de Oxidación: Se dimensiona y analiza el costo de las zanjas de oxidación para la segunda variante.

Lechos percoladores con mantos plásticos: Se dimensiona y cuantifican los costos de construcción para los lechos percoladores con mantos plásticos en la tercera alternativa.

Lagunas Aireadas: En este caso se computa y presupuesta el costo de las lagunas aireadas y de sedimentación.

Sedimentadores Primarios: Este tipo de sedimentadores aparece en la primera y tercera alternativa mientras que en los otros dos, por el tipo de proceso no son necesarios.

Sedimentadores Secundarios: Estos se utilizan en las tres primeras alternativas, aunque se diferencian en lo siguiente:

Alternativa I-PD – Tanques de Aireación: El dimensionamiento se realiza a partir del caudal máximo diario que ingresa a las unidades y la carga de sólidos.

Alternativa II-PD – Zanjas de Oxidación: ídem alternativa I.

Alternativa III-PD – Lechos percoladores con mantos plásticos: En este caso se deben dimensionar para el caudal máximo diario más la recirculación. De esta manera resultan de mayores dimensiones que en las alternativas anteriores.

Alternativa IV-PD – Lagunas Aireadas: En este caso no es necesario utilizar sedimentadores secundarios. En su reemplazo, se deben construir lagunas de sedimentación, extrayendo los barros a través de balsas dispuestas a tal fin, que lo aspiran del fondo y lo envían a los espesadores para su posterior deshidratación.

Espesadores de Barros: Estos serán de menores dimensiones en la alternativa I, debido a la que el barro ingresante a estas unidades es más concentrado que en el resto de las alternativas.

Limpieza y Nivelación del Terreno: evidentemente resulta mayor para el sistema de lagunas aireadas que para las otras tres alternativas. Por esta razón se incorpora este ítem dentro del análisis de alternativas.

Costo de los Terrenos: Este costo es incorporado porque en el caso de las lagunas aireadas ocupan grandes extensiones de terreno, con mayores costos en la adquisición de los mismos. Se ha considerado la cantidad de lotes que ocupan las instalaciones en la futura zona de ampliación de la ciudad en el sector Santa Catalina. Evidentemente la gran superficie de la alternativa IV-PD-Lagunas aireadas, la pone en desventaja con respecto a las demás.

Alambrado Perimetral: A mayor ocupación de terreno, es necesario colocar mayor cantidad de alambrado perimetral. Esto hace que la alternativa de las lagunas aireadas sea más costosa frente a las demás.

Edificio Calderas y Comando Digestores de Barros: Estos estarán incluidos dentro de las alternativas de los tanques de aireación y de los lechos percoladores en donde se deben

construir los digestores anaeróbicos para la estabilización de los barros. Las otras dos alternativas al no tener este tipo de digestión, no tendrán este tipo de edificación.

Edificio de sala de Recirculación: Estos estarán presentes en las tres alternativas con bombeo de recirculación, salvo en la correspondiente a las lagunas aireadas en donde no se recircula nada.

Transformador y Grupos Electrónicos: Evidentemente a mayor consumo de energía eléctrica mayor será el costo de los transformadores y de los grupos electrónicos. La más costosa será la correspondiente a las lagunas aireadas, seguidas por las zanjas de oxidación (aireación extendida). Se ubica en tercera posición los TA y por finalizar los lechos percoladores que representan el menor consumo de energía eléctrica y por consiguiente instalaciones menos costosas.

Cañería de Interconexión: Se analiza el costo de las cañerías de interconexión entre las unidades, dado que la solución a través de lagunas de aireación contiene menor cantidad de tuberías que las demás soluciones.

Equipos de Aireación: El costo de los aireadores superficiales será evaluado únicamente para las lagunas aireadas, ya que los TA y las Zanjas serán oxigenadas a través de sopladores de aire. Los lechos percoladores carecen de este tipo de tecnología.

Sala de Sopladores: existirá este tipo de sala en la alternativa I-PD y II- PD, mientras que en las otras dos será inexistente. Resultará de menores dimensiones en la alternativa de los tanques de aireación, que en la variante de las zanjas de oxidación, debido a que los sopladores son de menor potencia (aproximadamente la mitad). En las lagunas aireadas no se utilizarán sopladores, incorporando el oxígeno a través de aireadores superficiales.

Estación de Bombeo de Recirculación: esta será diferente para las distintas alternativas técnicas, por lo que sus dimensiones cambiarán de acuerdo a los caudales que se necesite impulsar. Se describe a continuación las diferencias entre las distintas alternativas:

Alternativa I-PD – Tanques de Aireación: En ésta se debe recircular un 50 % del caudal medio diario.

Alternativa II-PD – Zanjas de Oxidación: En esta alternativa se considera una recirculación del 100 % del caudal medio diario.

Alternativa III-PD – Lechos percoladores con mantos plásticos: En esta alternativa se debe recircular el 30 % del caudal ingresante. Al ser lechos de 6,10 m de altura, obliga también a bombear el caudal que ingresa a la planta nuevamente para alcanzar la altura mencionada.

Alternativa IV-PD – Lagunas Aireadas: En este caso no es necesario construir una EB de recirculación, porque el sistema no la necesita.

Los costos operativos a evaluar para las distintas alternativas técnicas serán los siguientes:

Costos de Reposición Equipamiento Electromecánico: se ha considerado que es necesario invertir el 2 % anual para la reposición y reparación del equipamiento

electromecánico afectado al servicio. A su vez, se considera en un 50 % la incidencia de la parte electromecánica con respecto a la totalidad de los activos afectados al servicio.

Energía Eléctrica: se considera en los sistemas aireados (Alternativas I-PD, II-PD y IV-PD) el costo de la energía eléctrica que insumen los aireadores (sopladores para los TA y las Zanjas, y aireadores superficiales (Lagunas Aireadas).

Se determina también la diferencia entre los distintos bombeos de recirculación de los sistemas, salvo en la alternativa PD-IV Lagunas Aireadas, en donde no se realiza este tipo de operación.

Costos de mantenimiento corrientes: Se consideran los costos de mantenimiento menores de las instalaciones afectadas al servicio como: combustibles, lubricantes, repuestos menores, etc. (0,3 % de los activos afectados al servicio)

3.1.2. Alternativas Técnicas – estabilización de barros

3.1.2.1. Introducción

Se analizará primeramente la conveniencia de utilizar la estabilización de barros a través de digestores aeróbicos o anaeróbicos. Esto es para poder introducir el costo de estas unidades cuando sea necesario evaluar los distintos tipos de tratamiento, en donde la Alternativa I – PD: Barros Activados y la Alternativa III – PD: Lechos Percoladores con mantos plásticos necesitan disponer digestores complementarios para estabilizar los barros del proceso. En el caso de las Alternativas II – PD: Sistema de Aireación Extendida (Zanjas de Oxidación) y la Alternativa IV-PD: Lagunas Aireadas, no necesitan de digestores porque el barro extraído del proceso se encuentra estabilizado a través de la aireación mecánica dentro los reactores en donde se trata el líquido cloacal y se estabilizan los barros.

De lo indicado se presentan las siguientes alternativas técnicas:

- Alternativa I-B: Digestión Anaeróbica
- Alternativa II-B: Digestión Aeróbica

Para evaluar las alternativas técnicas se anexa el Cuadro N°1, que contiene el estudio integral de las variantes técnicas mencionadas. Los costos incluyen todos los impuestos, gastos generales y beneficios empresariales.

3.1.2.2. Alternativa I-B: Digestión Anaeróbica

3.1.2.2.1 Inversiones Alternativa I-B

Para evaluar esta alternativa es necesario realizar un prediseño de los digestores anaeróbicos a los fines de poder computar los materiales intervinientes. Se aclara que existirán cuatro digestores primarios y dos secundarios, los cuales serán construidos ambos en una primera etapa constructiva. En los digestores primarios se calefaccionará

el barro a 35°C y se lo mezclará. Los digestores secundarios no estarán calefaccionados, y servirán para decantar, compactar y recolectar los gases del proceso.

El dimensionamiento de los digestores se hace a partir de la siguiente relación de cálculo basado en la permanencia necesaria para estabilizar los barros del proceso a 35° C:

Cálculo de capacidad de digestión

M.S. = Materia Sólida que llegan a los digestores	22.161,60	kg/día
FV1 = Porcentaje de Sólidos volátiles del barro primario	0,70	
FV2 = Porcentaje de Sólidos volátiles del barro secundario	0,80	
FVT = Porcentaje de Sólidos volátiles del barro primario+secundario	0,73	
A _T = Según WPCF N° 8	0,50	
γ _d = Peso específico del barro digerido	1.040,00	Kg/m ³
γ _p = Peso específico del barro en digestión	1.020,00	Kg/m ³
a _c = humedad del barro concentrado	0,95	
a _d = Humedad del barro digerido	0,94	
a _p = Humedad del barro en el digestor	0,95	
T = Temperatura de digestión	35,00	°C
t ₁ = Permanencia del barro según la temperatura	24,00	días
t ₂ = Permanencia del barro en el digestor móvil	8,00	días
C _F = $MS * t_1 * (1 - 0,67 A_t F_v) / \gamma_m (1 - a_p) =$	7.866,93	m ³
C _M = $MS * t_2 * (1 - A_t F_v) / g_d (1 - a_d) =$	1.799,45	m ³

De acuerdo al volumen de los digestores primarios de cubierta fija se establecen las siguientes dimensiones para las cuatro unidades a construir:

Dimensiones de digestores de cubierta fija

nF = número digestores fijos =	4,00	
V _D = Volumen total necesario por digestor =	1.966,73	m ³
Relación Radio/ altura = 0,70 - 2,00. Se adopta	0,75	
D _F = Diámetro digestor =	14,80	m
S _F = Superficie digestor =	172,03	m ²
HF = Altura fuste cilíndrico digestor =	11,10	m
Hr = Altura revancha fuste cilíndrico digestor =	0,40	m
H _e = Altura espumas =	0,50	m
HT = Altura total fuste cilíndrico digestor =	12,00	m
d _F = Diámetro inferior tolva digestor =	2,00	m
i = Pendiente de inclinación de la tolva adoptada	0,30	
h _F = Altura tolva digestor =	1,92	m
V _F = Volumen tolva digestor =	126,99	m ³
V _D = Volumen total de digestión =	2.036,56	m ³
Cs = Carga de Sólidos = Carga orgánica		kg SSV / m ³
1,6 < C _s < 4,8	2,00	día
i = Pendiente de inclinación de la cubierta adoptada	VERIFICA	
d _c = Diámetro inferior cubierta digestor =	0,50	
h _c = Altura cubierta digestor =	2,50	m
	3,08	m

$$V_c = \text{Volumen cubierta digestor} = 211,15 \text{ m}^3$$

También se considera el tamaño que deberán tener los digestores secundarios con cúpula móvil la cual cumplirá también la función de gasómetro.

Dimensiones de digestores de cubierta móvil

nF = número digestores cubierta móvil =	2,00
V _D = Volumen total necesario por digestor =	899,72 m ³
D _F = Diámetro digestor =	10,70 m
S _F = Superficie digestor =	89,92 m ²
HF = Altura cilíndrica digestor =	9,50 m
HC = Altura cilíndrica recorrido gasómetro =	2,50 m
d _F = Diámetro inferior tolva digestor =	2,00 m
i = Pendiente de la tolva	0,30
h _F = Altura tolva digestor =	1,31 m
HT = Altura total fuste cilíndrico =	12,00 m
V _F = Volumen tolva digestor =	47,79 m ³
V _D = Volumen total digestor =	902,04 m ³

Otra inversión a considerar, es del 2 % de reposición de los activos electromecánicos directamente afectados al servicio. Se ha considerado una vida útil para el equipamiento electromecánico de 20 años, el cual necesita ser perfectamente mantenido debiendo invertir en porcentaje asignado para esta tarea. En éste costo también se considera la remoción y reemplazo de los equipamientos que sufran roturas prematuras antes de cumplir con su vida útil. Asimismo, se establece que el equipamiento electromecánico representa un 50 % del costo dentro de los activos totales afectados directamente al servicio.

Tabla 1: Cómputo Digestores Anaeróbicos Primarios

N = número de Digestores Primarios =	4,00	
D = diámetro Digestores Primarios =	14,80	m
Altura Sector Cilíndrico =	14,00	m
e = espesor muro =	0,30	m
eb = espesor de la base =	0,40	m
VOLUMEN DE HORMIGÓN		
Paredes Laterales =	789,04	m ³
Base Digestores =	393,23	m ³
Techo Digestores =	221,26	m ³
Escalera lateral =	30,36	m ³
Total Hormigón H-21 =	1.433,89	m³
Total Hormigón H-10 =	172,06	m³
EXCAVACIÓN	6.704,54	m³
BARANDAS METÁLICAS	266,40	m²
VEREDA PERIMETRAL	271,43	m²

Tabla 2: C  puto Digestores Secundarios – Cubierta Móvil

N = número de Digestores Secundarios =	2,00	
D = diámetro Digestores Secundarios =	10,70	m
Altura Sector Cilíndrico =	12,00	m
e = espesor muro =	0,30	m
eb = espesor de la base =	0,40	m
VOLUMEN DE HORMIGÓN		
Paredes Laterales =	287,02	m ³
Base Digestores =	107,09	m ³
Techo Digestores =	0,00	m ³
Escalera lateral =	13,15	m ³
Total Hormigón H-21 =	407,26	m³
Total Hormigón H-10 =	26,77	m³
EXCAVACIÓN	966,10	m³
VEREDA PERIMETRAL	104,30	m²

El presupuesto de construcción de estos digestores se encuentra desarrollado en la Tabla 3.

Tabla 3: Costo de Construcción Alternativa I-B: Digestores Aeróbicos (año 2013)

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Digestores Anaeróbicos Primarios				
Hormigón H-21	m ³	1.434	7.555	10.833.100
Hormigón H-10	m ³	172	1.716	295.232
Excavación y compactación Lateral	m ³	6.705	233	1.560.760
Barandas de Seguridad	m	266	603	160.692
Vereda Perimetral	m ²	271	612	166.197
Equipamiento Complementario	Gl			10.666.742
Subtotal Digestores Primarios				23.682.722
Digestores Secundarios				
Hormigón H-21	m ³	407	7.555	3.076.873
Hormigón H-10	m ³	27	1.716	45.938
Excavación y compactación Lateral	m ³	966	233	224.901
Vereda Perimetral	m ²	104	612	63.863
Equipamiento Complementario	Gl			2.039.167
Subtotal Digestores Secundarios				5.450.741

3.1.2.2.2 Costos Operativos

Los costos operativos considerados, están referidos al costo de mantenimiento de los activos del servicio, considerados en un 0,3% anual con respecto a la inversión inicial. Esto considera el mantenimiento corriente de la obra civil y electromecánica.

3.1.2.2.3 Valor Presente Neto Alternativa I-B

El Valor presente neto de la alternativa al año 2013 es el siguiente:

Alternativa	Tasa de Descuento %	Valor Presente Neto (\$)
Valor Presente Neto Alternativa I-B	10%	26.080.441

3.1.2.3. Alternativa II-B: Digestión Aeróbica

3.1.2.3.1 Inversiones

Para evaluar esta alternativa es necesario realizar un prediseño de los digestores aeróbicos a los fines de poder computar los materiales intervinientes. Se aclara que se proyectan cuatro digestores aireados a través de difusores inferiores y sopladores de aire. Del análisis surge que son necesarios cuatro digestores en paralelo, compuestos por una zona de digestión y otra de decantación. Cada tanque tendrá 12,00 m de ancho, por 37,50 m de largo, siendo los primeros 30,00 m utilizados para el proceso de aireación, y lo restante para la decantación y compactación del barro.

Digestión Aeróbica de Barro

V_{texist} = volumen total Digestor de Barro =	9.000,00 m ³
V_d = Volumen zona de Decantación =	1.800,00 m ³
V_{tzair} = Volumen zona de Aireación =	7.200,00 m ³
P_{st} = producción de barro total del proceso	22.161,60 Kg/d
t_{hmin} = tiempo de retención hidráulica mínima =	20,91 d
N_d = número de digestores =	4
V_{sd} = volumen sector de digestión por digestor =	1.800,00 m ³
h_{ta} = profundidad del TA =	5,00 m
L = largo Digestor =	30,00 m
B = ancho Digestor =	12,00 m
L_t = longitud total de la unidad =	37,50 m
V = volumen del barro promedio Digestor =	430,32 m ³ /d
V_d = volumen del digestor de barro =	7.200,00 m ³
t_r = permanencia real =	16,73 días

Tsmáx = Tasa de Aplicación de Sólidos Volátiles =	3,50 KgSSV/m ³ /d
Pst = producción de barro total del proceso	22.161,60 Kg/d
Pvta = producción de barro volátiles TA =	17.729,28 Kg/d
Producción de Sólidos Fijos TA =	4.432,32 Kg/d
Ts = Tasa de Aplicación de Sólidos Volátiles =	2,46 KgSSV/m ³ /d
Pst = SSV a digerir =	17.729,28 Kg/d
%SSVr = %sólidos suspendidos volátiles reducidos proceso =	0,40
SSVr = sólidos suspendidos reducidos =	7.091,71 Kg/d
DOu = demanda de oxígeno unitaria del sistema =	2,30 KgO2/KgSSV
DO = demanda de oxígeno del sistema =	16.310,94 KgO2/d

Densidad aire =	1,19 Kg/m ³
SOTE %/m = transferencia de oxígeno máxima por metro de profundidad =	5,50 %/m
hta = profundidad del TA =	5,00 m
% de Transferencia para condiciones Standart =	0,24
Masa de O2 introducida =	67.962,24 KgO2/d
Cantidad de O2 en el aire =	0,23
Masa de Aire =	292.940,69 Kgaire/d
Caudal de Aire Condiciones Reales =	246.168,65 m ³ /d
Caudal de Aire Condiciones Reales =	10.257,03 m ³ /h
Número de sopladores =	4,00
Caudal de aire por soplador =	2.564,26 m ³ /h
Nneumática = Potencia neumática =	82,00 HP
Nmotor = potencia motor =	100,00 HP

Tiempo de Permanencia hidráulico

Tiempo de Permanencia hidráulico =	16,73 días
Verifica permanencia hidráulica (>15 días)	

Mezcla con aire difusor

Volumen del Digestor / caudal de aire =	23,74 m ³ /min/m ³
Verifica mezcla (>20 m ³ /min/m ³)	

Tabla 4: C  puto Digestores Aeróbicos

HORMIGÓN H-21		
<u>Tanques de Aireación</u>		
Np = número de TA =	4	
e = espesor de muros =	0,35	m
L = largo de paredes laterales =	287,00	m
Altura TA =	6,00	m
Lcta = longitud total de cada TA =	37,50	m
Bcta = ancho de cada TA =	12,00	m
L = longitud Total Tanques =	49,75	m
B = ancho Total Tanques =	38,20	m
Volumen de Hormigón Paredes Laterales =	602,70	m3
Af = ��rea de Fondo TA =	1900,45	m2
e = espesor de fondo TA =	0,40	m
Vf = volumen de fondo =	760,18	m3
Volumen Total TA H-21 =	1362,88	m3
<u>Pasarelas</u>		
B = ancho pasarelas =	1,20	m
L = longitud total de pasarelas =	299,60	m
e = espesor pasarelas =	0,15	
Volumen pasarelas =	53,93	m3
<u>Cámara de Salida TA</u>		
nc = número de cámaras de salida =	4,00	
Af = ��rea de Fondo de cada Cámara =	17,40	m2
e = espesor fondo cámara de salida	0,30	m
Vf = volumen de fondo =	20,88	m3
perímetro paredes =	10,60	m
Altura paredes =	6,00	m
espesor muros =	0,25	m
nm = número de muros =	4,00	
Volumen muros Cámara de salida TA =	63,60	m3
Volumen total Cámara de Salida H-21 =	84,48	m3
Volumen Total TA H-21 =	1501,288	m3
<u>HORMIGÓN H-10</u>		
e = espesor Hormigón de Limpieza H-10 =	0,10	m
Ata = ��rea TA =	1.900,45	
Acs = ��rea cámara de salida =	69,60	
Volumen TA H-10	197,01	m3

<u>EXCAVACION</u>		
H = altura de Excavación promedio =	1,40	m
L = largo de la excavación =	39,20	
B = ancho de la excavación =	50,75	
Area de Excavación =	1.989,40	m ²
Vexc = volumen de excavación =	2.785,16	m³
<u>VEREDA PERIMETRAL</u>		
Longitud Vereda Perimetral =	49,75	m²
<u>BARANDAS DE SEGURIDAD</u>		
L = longitud de barandas =	559,00	m

El presupuesto correspondiente a este tipo de unidades, se encuentra en la Tabla 5.

**Tabla 5: Costo de Construcción Alternativa I-B: Digestores Aeróbicos
(año 2013)**

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Digestión Aeróbica				
Hormigón H-21	m ³	1.501,29	7555	11.342.268
Hormigón H-10	m ³	197,01	1716	338.032
Excavación y compactación Lateral	m ³	2785,16	233	648.362
Sistema de Aireación 10257 m ³ /h de aire	Gl			5.611.025
Barandas de Seguridad	M	559	603	337.188
Otros				3.655.375
Costo Total Digestión Aeróbica				21.932.250

3.1.2.3.2 Costos Operativos

Como ya se ha mencionado anteriormente, los costos considerados son del año 2013.

Los costos operativos considerados, están referidos al costo de mantenimiento de los activos del servicio, considerados en un 0,3 % anual con respecto a la inversión inicial, que incluye el mantenimiento corriente de las estructuras y del equipamiento electromecánico. Además, se calcula el costo por insumo de energía eléctrica, considerando un costo unitario de 0,363 \$/KWh y un insumo unitario de 0,074 KWh/m³, según lo siguiente:

Potencia Necesario Sopladores	100,00	HP
Potencia Necesario Sopladores	73,6	KW
Energía Eléctrica	1766,4	KWh/d
Qdiseño por cada Tanque =	28800	m3/d
Insumo unitario =	0,061	KWh/m3
Ineficiencia Tratamiento =	1,2	
Insumo unitario adoptado =	0,074	KWh/m3

3.1.2.3.3 Valor Presente Neto Alternativa II-B

El valor presente neto al año 2013 de las inversiones y costos operativos para una tasa de descuento del capital del 10 resulta:

Alternativa	Tasa de Descuento %	Valor Presente Neto (\$)
Valor Presente Neto Alternativa II-B	10%	25.466.980

3.1.2.4. Alternativa económica – financiera seleccionada Barros

Para evaluar las alternativas se utiliza el método de costo mínimo que considera como mejor alternativa la que tenga el menor valor presente neto de la suma de las inversiones más los costos operativos para una tasa de descuento del capital del 10 %. En este caso por la escasa diferencia entre las alternativas, se estudiará también el costo total entre ambas a lo largo del período de análisis (20 años).

En la Tabla 6 se presenta un cuadro resumen con las dos alternativas de Barros analizadas. Se observa que la alternativa II-B resulta más económica para una tasa de capital del 10 %, situación que se revierte (Tabla 7) para el costo total a lo largo de todo el período de diseño de las instalaciones.

Tabla 6: Valor presente neto alternativas Técnicas Barros (tasa 10 %) al año 2013

Alternativa	Tasa de Descuento %	Valor Presente Neto (\$)
Valor Presente Neto Alternativa I-B	10%	25.788.934
Valor Presente Neto Alternativa II-B	10%	24.142.315

Tabla 7: Costo Total Alternativas Técnicas (tasa 0%) al año 2013

Alternativa	Tasa de Descuento %	Valor Presente Neto (\$)
Costo Total (Inv + Costos Op.) Alternativa I-B	0%	31.481.925

Costo Total (Inv + Costos Op.) Alternativa II-B	0%	41.662.567
---	----	------------

La alternativa que representa el menor valor presente neto para una tasa de descuento de capital del 10 % es la de los digestores aeróbicos, aunque la diferencia es menor. Sin embargo el costo total de esta alternativa es muy superior a los digestores anaeróbicos a lo largo de toda la vida útil, esto como consecuencia de un mayor consumo de energía eléctrica.

Se aclara que la planta estará lejos de la población y se construirá una protección con árboles alrededor de la planta por lo que se considera conveniente utilizar los digestores anaeróbicos como alternativa de tratamiento.

El viento predominante en Corrientes es de NNO y SE, lo cual es ventajoso porque la planta se ubicará al SE de la ciudad no afectando al sector urbano. La Rosa de los vientos realizada a partir de datos del aeropuerto de Corrientes se encuentra en la Figura 1.

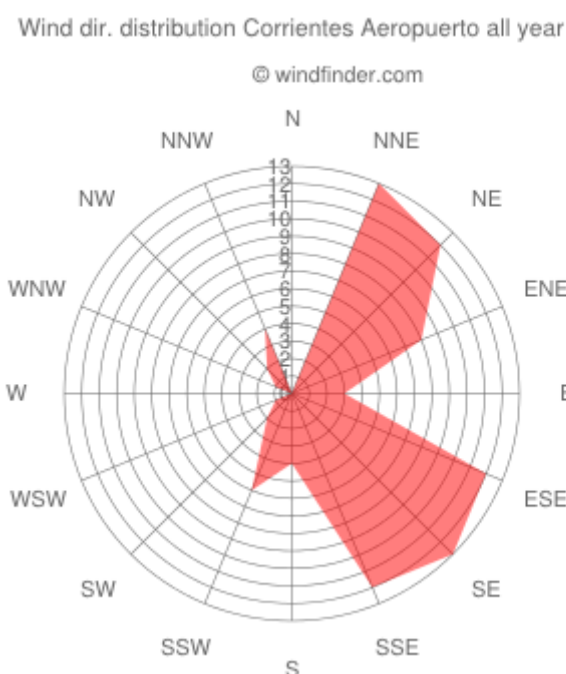


Figura 1: Rosa de Los Vientos Ciudad de Corrientes

3.1.3. Alternativas Técnicas Sistemas de Tratamiento

3.1.3.1. Introducción

Como fuera mencionado en la introducción de éste informe, se estudiarán las siguientes alternativas Técnicas:

- Alternativa I: Sistema de Barros Activados Convencionales.
- Alternativa II: Sistema de Aireación Extendida – Zanjas de Oxidación
- Alternativa III: Lechos Percoladores Plásticos.

- Alternativa IV: Lagunas Aireadas

La evaluación de las alternativas mencionadas se realizará considerando el método del costo mínimo, es decir aquella que presente el menor valor presente neto para una tasa de descuento del capital del 10 %, incluyendo únicamente las inversiones y los costos operativos que las diferencian.

Se anexa el Cuadro N° 2, que contiene el estudio integral de las alternativas técnicas, incluyendo la demanda del sistema y cuál debe ser el tamaño de las instalaciones de la planta depuradora, para satisfacer la demanda del servicio.

3.1.3.2. Alternativa I-PD: Barros Activados convencionales

3.1.3.2.1 Introducción

Se ha previsto construir un sistema de barros activados convencionales, evaluando únicamente los costos diferenciales de esta alternativa con respecto a las otras, sin considerar aquellas comunes a todas. Las inversiones y costos operativos de esta alternativa que la diferencian con las demás, son evaluadas en el Cuadro N°2.

La línea líquida de este proceso estará integrada por las siguientes estructuras principales:

- Cámara de carga de ingreso.
- Desarenador
- Sedimentador Primario
- Tanque de Aireación
- Sedimentador Secundario
- Cámara de Contacto para desinfección con gas cloro del efluente al río Paraná
- Emisario de descarga sobre el río Paraná

Para el barro, se ha previsto su estabilización a través de digestores anaeróbicos, y su posterior deshidratación con filtros banda. Éstos fueron adoptados de acuerdo a lo surgido en el análisis de alternativas técnicas del numeral anterior.

Para evaluar esta alternativa, se estudiarán los siguientes costos que la diferencian con las demás:

- Limpieza y Nivelación del Terreno
- Costo de construcción del sedimentador primario.
- Costo de construcción del Tanque de Aireación.
- Costo de construcción del sedimentador secundario.
- Costo de construcción estación de bombeo de recirculación.
- Costo de construcción de los espesadores de barros.
- Costo de construcción de los digestores.
- Costo de construcción Edificios: Sala de Sopladores, Sala comando de Digestores y Sala de Tableros EB de recirculación.
- Costo cañerías de intercomunicación Unidades
- Costo transformación de energía eléctrica y grupo electrógeno.
- Costo de Alambrado Perimetral

- Costo del terreno de implantación.
- Costo de reposición del equipamiento electromecánico afectado al servicio.
- Costo de energía eléctrica de recirculación.
- Costo de energía eléctrica del Tanque de Aireación.
- Costo de mantenimiento corriente.

En el estudio de demanda, se ha actualizado el valor de las conexiones de desagües al 2012, corrigiendo lo inicialmente indicado en el informe preliminar. De todos modos se conserva al 2026 la meta esperada por Aguas de Corrientes SA para los desagües cloacales de la ciudad capital.

3.1.3.2.2 Predimensionamiento Componentes de Tratamiento Alternativa I-PD: Barros Activados

Tanques de Aireación

Para el dimensionamiento de los Tanques de aireación, ha sido necesario incorporar el efluente de los camiones atmosféricos. Se ha considerado una concentración orgánica promedio de DBO₅ de 250 mg/L para el efluente proveniente de las redes colectoras, agregándole una concentración orgánica promedio por camión de 3.500 mg/L. De la mezcla, resultará una concentración promedio de 255 mg/L. Para evitar cargas puntuales que afecten el proceso, al líquido de los camiones atmosféricos, se lo conducirá a tanques de homogeneización de calidad, incorporándolo lentamente al proceso durante todo un día. Los caudales y cargas orgánicas resultantes serán los siguientes:

CAUDALES, CARGA ORGANICA Y POBLACION

Caudales de Diseño

Q_{C20} = caudal medio diario =	96.000,00 m ³ /d
Q_{D20} = caudal máximo diario =	115.200,00 m ³ /d
Q_{E20} = caudal máximo horario (2026) =	3360,00 l/s
$Q_{C20estable}$ = caudal medio diario (2026) =	96.000,00 m ³ /d
n_{catm} = número de camiones atmosféricos =	20 cam/d
C_c = capacidad por camión =	8 m ³ /camión
$C_{pcamión}$ = caudal por Camión =	160 m ³ /d

Carga Orgánica

S_a = concentración orgánica afluente =	250 mgDBO ₅ /L
DBO _{5c} = demanda bioquímica de oxígeno promedio camiones =	3.500 mgDBO ₅ /L
$Q_{máxd}$ =	115.200 m ³ /d
$Q_{máxd}$ = caudal máximo diario = $Q_{diseño}$ =	4.800 m ³ /h
DBO ₅ = Demanda Bioquímica de Oxígeno =	255 mg/L
% remoción tratamiento preliminar =	0,00
DBO ₅ = Demanda Bioquímica de Oxígeno =	254,5076283 mg/L
CO = carga orgánica de Ingreso =	29.319 KgDBO ₅ /d
E_f = eficiencia remoción DBO ₅ primario =	30%
DBO ₅ = Demanda Bioquímica de Oxígeno salida primario =	178,1553398 mg/L
L_A = carga orgánica máxima =	20.523,50 KgDBO ₅ /d

Población equivalente sistema

P_{equiv} = población equivalente =	480.000 hab
v_u = vuelco unitario =	200 l/hab/d

Para calcular el costo del sistema de barros activados ha sido necesario dimensionar el tamaño de las instalaciones siguiendo la siguiente secuencia de cálculo:

TANQUE de AIREACION

Dimensiones

Q_d = caudal de diseño =	96.000,00 m ³ /d
N = Número de TA =	4
Q_{C20} = Caudal medio diario por TA =	24.000,00 m ³ /d
L_A = carga orgánica media ingresante al TA =	4.275,73 KgDBO ₅ /d
DBO5 ingreso = concentración orgánica ingreso TA =	178,16 mg/L
DBO5 efl. = concentración salida proceso =	38,00 mg/L
E = eficiencia del proceso =	79%
L_A = carga orgánica media a tratar por TA =	3.363,73 KgDBO ₅ /d
f = relación alimento / microorganismos =	0,220 KgDBO ₅ /d*KgSSTA
X = KgSSTA/m ³ = concentración sólidos suspendidos totales TA =	2,50 KSSTA/m ³
C_v = carga orgánica volumétrica =	0,550 KgDBO ₅ /d*m ³
$V = L_A/C_v$ = volumen de cada TA =	6.115,87 m ³
$T = V/Q_d$ = Permanencia hidráulica =	6,12 horas
θ_c = edad del lodo =	10,00 días
H = tirante líquido TA =	5,00 m
B_1 = ancho de fondo TA =	20,00 m
L_r = Longitud TA =	61,16 m
Longitud adoptada =	62,00 m
V = volumen total TA =	6.200,00 m ³

Lodo en Exceso proceso biológico (secundario)

$Q_{wz} = V * X / (\theta_c * X_r)$ = caudal de barro en exceso por zanja =	203,86 m ³ /d
Q_{wt} = caudal de barro en exceso total =	815,45 m ³ /d
$C_s = Q_{wt} * X_r$ = carga de sólidos barro exceso =	6.115,87 Kg/d

Caudal de recirculación

X = concentración SSTA =	2,50 KSSTA/m ³
X_r = concentración SS Línea de retorno =	7,50 KSS/m ³
R = recirculación porcentual = $X/(X_r - X)$ =	50,00 %
Q_R = Caudal de recirculación por TA =	12.000,00 m ³ /h
Q_R = caudal máximo recirculación (bomba de reserva)=	18.000,00 m ³ /h

DEMANDA DE OXIGENO EN EL AIREADOR

Ecuación 1

Síntesis de nuevas células

$DO_1 = a' * (S_0 - S_{eff}) * Q$ = demanda de oxígeno para la síntesis nuevas células =	1.848,98 Kg O ₂ /d
a' = KgO ₂ requerido / kg DBO ₅ removida =	0,52 Kg O ₂ /Kg DBO

S₀ = DBO₅ ingreso TA = 178,16
 S_{ef} = DBO₅ efluente TA = 30,00 mg/L

Respiración endógena

DO₂ = b' * SSTA = demanda oxígeno respiración endógena = 1.860,00 Kg O₂/d
 b' = KgO₂ / d * Kg SSTA = 0,12 Kg O₂/d/Kg SSTA
 SSTA = V * X = 15.500,00 Kg SSTA
 DO = DO₁ + DO₂ = 3.708,98 KgO₂/d

Ecuación 2

Q = caudal de diseño = 24.000,00 m³/d
 Px = Barro extraído por día = 1.528,97 Kg/d
 DBO_u/DBO_t = 1,50
 DO = DBU*Q*(S₀-S) - 1,42 Px = 3.162,46 KgO₂/d

Demanda total media por tanque

DO_t = 3.708,98 Kg O₂/d

Demanda de pico para una unidad

AOR = DO_s = K * DO_t = 5.563,47 Kg O₂/d
 K = coeficiente de pico = 1,50

Demanda de oxígeno en condiciones de campo

VERANO

Z_{ver} = α * θ^(T-20) * (β * C_{sc} - OD) / C_{ss} = coef. corrección campo verano= 0,44

INVIERNO

Z_{ver} = α * θ^(T-20) * (β * C_{sc} - OD) / C_{ss} = coef. corrección campo verano= 0,43

T₁ = Temperatura media mes más cálido = 27,40 °C

T₂ = Temperatura media mes más frío = 15,40 °C

H = Altitud sobre el nivel mar = 61,00 m

α = relación entre tasas transferencia de O₂ líquido cloacal y agua pura = 0,60

β = relación entre concentraciones de saturación cloacal y agua pura = 0,95

C_{sc} = concentración saturación de O₂ para Verano = 7,99 mg O₂/L

C_{sc} = concentración saturación de O₂ para Invierno = 9,70 mg O₂/L

C_{ss} = Idem para 20°C, H = 0.00 m 9,02 mg O₂/L

θ = factor corrección por temperatura = 1,024

OD = concentración de O₂ en el tanque = 2,00 mg O₂/L

Demanda de oxígeno real por TA

SOR = DO_r = DO_s / Z_{ver} = 12.551,88 Kg O₂/d

SOR = DO_r = DO_s / Z_{inv} = 12.923,47 Kg O₂/d

Para Sopladores

SOR = consumo real de oxígeno = 12.923,47 KgO₂/d

Densidad aire = 1,22 Kg/m³

SOTE %/m = transferencia de oxígeno máxima por metro de profundidad =	5,5 %/m
hta = profundidad del TA =	4,75 m
% de Transferencia para condiciones Standard =	26,125 %
Masa de O2 introducida =	49.468 KgO ₂ /d
Cantidad de O2 en el aire =	23,2%
Masa de Aire =	213.223 Kgaire/d
Caudal de Aire por TA en Condiciones Reales =	174.226 m ³ /d
Caudal de Aire por TA en Condiciones Reales =	7.300 m ³ /h
Cantidad de Aire para mezcla por unidad de TA =	19,62 L/m ³ /min
Cantidad de Aire para mezcla por unidad de TA =	20,00 L/m ³ /min
Cantidad de Aire por TA para la mezcla =	7.440 m ³ /h

Resumiendo, se necesita construir cuatro tanques de aireación de 20,00 m de ancho, 62,00 m de longitud y 5,00 m de profundidad líquida. Se debe incorporar 178.560 KgO₂/d de oxígeno o su equivalente 7.440 m³/h de aire por TA.

De acuerdo a lo establecido en los parámetros básicos de diseño se dimensionaron los TA para una carga orgánica de ingreso de 255 mg/L (con camiones atmosféricos), la cual será disminuida a 38 mg/L a la salida, menor a 40 mg/L asumido como la descarga máxima orgánica sobre el río Paraná.

En los planos anexos al presente informe, se presenta el diagrama de flujo de diseño para las instalaciones mediante tanques de aireación, y las cargas y concentraciones orgánicas resultantes. En el Tanque de aireación y línea de retorno (recirculación), se menciona adicionalmente la concentración de sólidos suspendidos totales.

El cómputo del Tanque de aireación, se encuentra desarrollado en la Tabla 8.

Tabla 8: Cómputo métrico Tanques de Aireación

HORMIGÓN H-21		
<u>Tanques de Aireación</u>		
Np = número de TA =	4	
e = espesor de muros =	0,35	m
L = largo de paredes laterales =	473,50	m
Altura TA =	6,00	m
Lcta = longitud total de cada TA =	62,00	m
Bcta = ancho de cada TA =	20,00	m
L = longitud Total Tanques =	81,75	m
B = ancho Total Tanques =	62,70	m
Volumen de Hormigón Paredes Laterales =	994,35	m ³
Af = área de Fondo TA =	5125,725	m ²
e = espesor de fondo TA =	0,40	m
Vf = volumen de fondo =	2050,29	m ³
Volumen Total TA H-21 =	3044,64	m³
<u>Pasarelas</u>		

B = ancho pasarelas =	1,20	m
L = longitud total de pasarelas =	493,60	m
e = espesor pasarelas =	0,15	
Volumen pasarelas =	88,85	m3
<u>Cámara de Salida TA</u>		
nc = número de cámaras de salida =	4,00	
Af = área de Fondo de cada Cámara =	17,40	m2
e = espesor fondo cámara de salida	0,30	m
Vf = volumen de fondo =	20,88	m3
perímetro paredes =	10,60	m
Altura paredes =	6,00	m
espesor muros =	0,25	m
nm = número de muros =	4,00	
Volumen muros Cámara de salida TA =	63,60	m3
Volumen total Cámara de Salida H-21 =	84,48	m3
Volumen Total TA H-21 =	3217,968	m3
<u>HORMIGÓN H-10</u>		
e = espesor Hormigón de Limpieza H-10 =	0,10	m
Ata = área TA =	5.125,73	
Acs = área cámara de salida =	69,60	
Volumen TA H-10	519,53	m3
<u>EXCAVACION</u>		
H = altura de Excavación promedio =	1,40	m
L = largo de la excavación =	63,70	
B = ancho de la excavación =	82,75	
Area de Excavación =	5.271,18	m2
Vexc = volumen de excavación =	7.379,65	m3
<u>VEREDA PERIMETRAL</u>		
Longitud Vereda Perimetral =	81,75	m2
<u>BARANDAS DE SEGURIDAD</u>		
L = longitud de barandas =	900,00	m

Sedimentadores Primarios

El sedimentador primario será de planta circular y se adopta una carga superficial de diseño de 24 m3/m2/d con una profundidad en la periferia de 3,50 m. De lo mencionado resulta un total de cuatro sedimentadores de 39,00 m de diámetro cada uno.

Sedimentadores Primarios

$Q_{\text{máxd}}$ = caudal máximo diario =	115.200 m ³ /d
Q_{rec1} = Caudal recirculación primaria =	0 m ³ /h
Q_{rec1} =	0 m ³ /d
Q_{sed1} = caudal ingresante sedimentador primario =	115.200 m ³ /d
Q_{sed1} =	4.800 m ³ /h
N = número total sedimentadores =	4
A_s = Area Superficial cada Sedimentador =	1.195 m ²
D = diámetro sedimentador =	39,00 m
A_{ts} = área total de sedimentación =	4.778 m ²
C_{sh} = carga superficial media =	24,1 m ³ /m ² /d
$C_{sh\text{máx}}$ = carga superficial máxima =	41,0 m ³ /m ² /d

El cómputo del sedimentador primario, se encuentra desarrollado en la Tabla 9.

Tabla 9: Cómputo métrico Sedimentadores Primarios

HORMIGÓN H-21		
<u>Sedimentadores Primarios</u>		
Np = número de SI =	4	
D = diámetro del sedimentador =	39,00	m
Volumen Total Hormigón Sedimentador =	3118,57	m3
Volumen Total Cámaras SI =	69,62	m3
Volumen Total TA H-21 =	3188,20	m3
e = espesor Hormigón de Limpieza H-10 =	0,10	m
Volumen Total TA H-10 Limpieza =	537,87	m3
EXCAVACION		
Solera	4418,18	m3
Fuste	22397,82	m3
Estructura central	486,95	m3
Canal lateral	1887,17	m3
Cámara salida lateral	94,62	m3
Cámara válvula telescópica	336,15	m3
Vexc = volumen de excavación =	29.620,88	m3
TERRAPLÉN		
Longitud Terraplén =	108,00	m
Ancho Terraplén =	108,00	m
Área total zona terraplén =	11.664,00	m2
Área del decantador =	4.778,36	m2

Área a terraplenar =	6.885,64	m2
Altura promedio terraplén =	0,50	m
Vt = volumen a terraplenar =	3.442,82	m3
VEREDA PERIMETRAL		
Vereda Perimetral =	596,47	m2

Sedimentadores Secundarios

El sedimentador secundario se calcula primeramente para una carga superficial de 24 m³/m²/d y se verifica para una carga másica de 100 KSS/m³, resultando condicionante para el diseño, la carga hidráulica, según se desprende de la siguiente secuencia de cálculo:

SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Dimensiones

N _s = número de sedimentadores por TA =	1,00
C _{sh} = carga superficial hidráulica =	24,20 m ³ /m ² *d
Q _{máxsed} = caudal máximo diario por sedimentador =	28.800,00 m ³ /d
A = área superficial de cada unidad =	1.190,08 m ²
D = diámetro de cada sedimentador =	38,93 m
D _{adopt} = Diámetro adoptado Sedimentador =	39,00 m
dcn = diámetro pozo central, adoptado =	3,00 m
Asn = área superficial del sedimentador nuevo =	1.190,08 m ²
h = profundidad periférica del sedimentador, adoptada =	3,50 m
i = pendiente de fondo, adoptada =	10,00 %
hc = profundidad central del sedimentador =	5,300 m
Vn = volumen de sedimentación nueva = = Asn * h + 1/3 * Pi * (hc - h) * ((dcn/2)^2 + (dcn/2) * (Dna/2) + (Dna/2)^2)	
=	4.941,42 m ³
P = permanencia en cada sedimentación = Vn / (Qmáx / Nn) =	4,12 h

Por carga másica

Qmad+Qr = Caudal total =	40.800 m ³ /d
X = concentración del barro en los Tanques de Aireación =	2,50 KgSS/m ³
Css = carga másica media =	100,00 KgSS/m ² /d
D = diámetro de cada sedimentador =	36,00 m
A = área superficial de cada unidad =	1.020,00 m ²

El cómputo del sedimentador secundario, se encuentra desarrollado en la Tabla 10.

Tabla 10: Cómputo métrico Sedimentador Secundario

HORMIGÓN H-21		
<u>Sedimentadores Secundarios</u>		
Np = número de SI =	4	
D = diámetro del sedimentador =	39,00	m
Volumen Total Hormigón Sedimentador =	3118,57	m3
Volumen Total Cámaras SI =	69,62	m3
Volumen Total TA H-21 =	3188,20	m3
e = espesor Hormigón de Limpieza H-10 =	0,10	m
Volumen Total TA H-10 Limpieza =	537,87	m3
EXCAVACION		
Solera	10729,86	m3
Fuste	38786,48	m3
Estructura central	722,57	m3
Canal lateral	1887,17	m3
Cámara salida lateral	94,62	m3
Cámara válvula telescópica	336,15	m3
Vexc = volumen de excavación =	52.556,84	m3
VEREDA PERIMETRAL		
Vereda Perimetral =	596,47	m2

Espesadores de Barros

Para determinar las dimensiones de los espesadores de barros, se adjunta la memoria de cálculo, considerando que en los sistemas de barros activados se producen barros menos concentrados que en los sistemas de lechos percoladores, por lo que resultan unidades de mayores dimensiones para este tipo de tratamiento.

Cálculo de caudal de barros crudos

Q_{C20} = caudal medio diario =	4.000,00 m ³ /h
Q_{D20} = caudal máximo diario =	4.800,00 m ³ /h
Coeficiente de pico	1,10
SSTa = Concentración Sólidos suspendidos totales del afluente	225,00 mg/L
SSTA = Sólidos suspendidos totales del afluente	25.920,00 kg/día
%SSV _a = Porcentaje de SSV del afluente	0,70
%SST = Porcentaje de SST eliminados en desbaste	0,05
%SSV _a = Porcentaje de SSV contenidas en las arenas	0,05
SSVD= Sólidos suspendidos volátiles eliminados en el desbaste	64,80 kg/día

Sedimentación primaria

SST _p = Sólidos suspendidos totales afluentes al Trat. Primario	24.624,00 kg/día
%SST _p = Fracción SST eliminados en Trat. Primario	0,60
SSTP = Sólidos suspendidos totales eliminados en trat. Primario	14.774,40 kg/día
%SST _p = Fracción SST eliminados en Trat. Primario	

Sedimentación secundaria

%SST _p = Fracción SST eliminados en Trat. Secundario =	0,30
SST _s = Sólidos Suspendidos Totales Secundario =	7.387,20 kg/día
M.S. = Materia Sólida que llegan a los concentradores	22.161,60 kg/día
□ _p = Peso específico del barro primario	1.020,00 kg/m ³
□ _s = Peso específico del barro secundario	1.005,00 kg/m ³
c ₁ = Concentración del barro primario	0,0400
c ₂ = Concentración del barro secundario	0,0075
Q _{B1} = Caudal diario de barros a espesar	1.342,18 m ³ /día

Espesamiento de barros para Barros Activados

Caudal de barros diario	1.342,18 m ³ /día
M.S. = Materia Sólida que llegan a los concentradores	22.161,60 kg/día
Ca = Concentración media del barro mezcla afluente	0,03
Nc = número de espesadores de barros	2,00
Dc = diámetro de concentrador	18,00 m
hc = altura de concentrador	3,00 m
S =superficie liquida del espesador =	254,47 m ²
i = Pendiente de la tolva	0,10
ht = altura de la tolva	0,83 m
dt = diámetro inferior de la tolva =	1,50 m
Vt = volumen tolva	76,30 m ³
Vc = volumen de concentrador	839,70 m ³
VE = volumen de espesamiento	1.679,41 m ³
t = permanencia hidráulica	30,03 h
Cs = carga hidráulica superficial	2,64 m ³ /m ² día
16 < Cs < 36 m ³ /m ² día s/Metcalf	VERIFICA
Css = carga de Sólidos	43,54 kg SS/m ² día
Css < 40 Kg SS/m ² día = carga de Sólidos	VERIFICA
Ce = Concentración barro espesado	0,05
□ _e = Peso específico del barro espesado	1.015,00 kg/m ³
Q _e = caudal de barro espesado	436,68 m ³ /día

Del cálculo resulta que es necesario construir dos espesadores de 18,00 m de diámetro los cuales cubrirán las necesidades para todo el período de diseño de las instalaciones.

El cómputo métrico se encuentra desarrollado en la Tabla 11.

Tabla 11: Cómputo métrico espesador de Barro TA

HORMIGÓN H-21		
Espesadores TA		
Np = número de Espesadores =	2	
D = diámetro del sedimentador =	18,00	m
Volumen Total TA H-21 =	284,16	m3
e = espesor Hormigón de Limpieza H-10 =	0,10	m
Volumen Total TA H-10 Limpieza =	61,90	m3
EXCAVACION		
Solera	542,53	m3
Fuste	2508,48	m3
Vexc = volumen de excavación =	3.051,02	m3
VEREDA PERIMETRAL		
Vereda Perimetral =	122,52	m2

Digestores Anaeróbicos

El dimensionamiento de estas unidades fue realizado cuando se compararon con los digestores aeróbicos en el numeral anterior.

Resumiendo, se deberán construir en total cuatro digestores fijos de 14.80 m de diámetro y 12,00 m de altura en el sector cilíndrico. Cada par de éstos, irá acompañado por un digestor de cubierta móvil (2 en total) que harán las veces de gasómetro de 10,70 m de diámetro y 12,00 m de altura en el sector cilíndrico.

3.1.3.2.3 Costo de Construcción Alternativa I-PD: Tanque de Aireación

En la Tabla 12 se presenta el costo de construcción incluyendo IVA, gastos, beneficios empresariales e impuestos, al igual que en el resto de las alternativas analizadas. Todos los costos surgen del análisis de precios realizados para el presente proyecto.

Para el cómputo de esta alternativa se establecieron las siguientes hipótesis:

- Espesor promedio de paredes laterales y frontales = 0,35 m.
- Espesor de Fondo = 0,40 m.
- Pasarelas de acceso espesor = 0,12 m y ancho 1,20 m.
- Altura de excavación = 3,50 m.

- Sistema de aireación. Costo según fabricante e incluye: sopladores, cañerías de distribución de aire de acero inoxidable, sistemas de parrillas de polietileno y difusores circulares de membrana fina, válvulas, etc.
- Sala de Sopladores: edificio de 175 m².
- Estación de bombeo para un 50 % de recirculación.
- Costo sistema de Digestión
- Costo de transformación y Grupos Electrógenos de energía eléctrica. Por un lado se necesita cubrir la energía para los sopladores de los tanques de aireación, y por otro, la correspondiente a la estación de bombeo de recirculación (50 % del caudal). Se considera que se necesitan 1200 KVA para el funcionamiento de los sopladores y de la estación elevadora de recirculación.

El costo de construcción para esta alternativa se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12: Costo de Construcción Alternativa I – Tanque de Aireación (año 2013)

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Limpieza y nivelación del Terreno	m ²	84.739,89	24,72	2.094.770,05
Subtotal Limpieza y nivelación del terreno				2.094.770,05
Sedimentador Primario (39,00 m) - Unidades 4				
Hormigón H-21	m ³	3.188	7.555	24.086.917
Hormigón H-10	m ³	538	1.716	922.908
Excavación y compactación Lateral	m ³	29.621	233	6.895.494
Terraplenamiento Sedimentadores Primarios	m ³	3.443	212	730.873
Vereda Perimetral	m ²	596	612	365.214
Equipamiento Electromecánico (Barredores - 39,00 m + Válvulas)	Gl			8.511.544
Subtotal Sedimentadores Primarios				41.512.950
Tanque de Aireación - Unidades 4				
Hormigón H-21	m ³	3.045	7.555	23.002.331
Hormigón H-10	m ³	520	1.716	891.443
Excavación y compactación Lateral	m ³	7.380	233	1.717.920
Barandas de Seguridad	m	900	603	542.878
Vereda Perimetral	m ²	82	612	50.055
Sistema de Aireación 29200 m ³ /h de aire				17.228.480
Subtotal Tanque de Aireación				43.433.107
Estación de Bombeo de Recirculación (Q_b=50%*Q_d)	m ³ /d	48.000	195	9.363.313
Subtotal EB Bombeo de Recirculación				9.363.313
Sedimentador Secundario				
Hormigón H-21	m ³	3.188	7.555	24.086.917

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Hormigón H-10	m3	538	1.716	922.908
Excavación y compactación Lateral	m3	52.557	233	12.234.792
Vereda Perimetral	m2	596	612	365.214
Equipamiento Electromecánico (Barredores - 39,00 m + Válvulas)	Gl			8.511.544
Subtotal Sedimentador Secundario				46.121.375
Espesador de Barros				
Hormigón H-21	m3	284	7.555	2.146.873
Hormigón H-10	m3	62	1.716	106.207
Excavación y compactación Lateral	m3	3.051	233	710.251
Vereda Perimetral	m2	123	612	75.019
Equipamiento Electromecánico (Barredores - 18,00 m + Válvulas)	Gl			1.320.407
Subtotal Espesadores de Barro				4.358.757
Digestión de Barro (4 Primarios + 2 Secundarios)	Gl			29.133.463
Subtotal Digestores de Barros				29.133.463
Cañerías de Intercomunicación Unidades				
Subtotal Cañería de Intercomunicación de Unidades				11.000.000
Terreno de Implantación				
Cantidad de lotes afectados por las obras	Nº	237	86.000	20.382.000
Alambrado Perimetral				
Subtotal Longitud de Alambrado Olímpico	m	1235	480	592.848
Edificios Adicionales				
Sala de sopladores de Tanques de Aireación	m²	200,00	612,29	122.458,45
Edificio para Estación de recirculación de barros secundarios y en exceso	m²	105,00	612,29	64.290,69
Edificio de Sala de Comando de Digestión de Barros.	m²	170,00	612,29	104.089,68
Subtotal Edificios				290.838,82
Costo Transformadores y Grupos Electrónicos				
Potencia estimada 1200 KVA	Gl			1.994.449,78
Subtotal Costo Transformadores y Grupos Electrónicos				1.994.449,78

Para determinar el costo del terreno en donde se implantará la depuradora, se ha previsto el espacio que ocupará, considerando la cantidad y costo de los lotes ocupados por las instalaciones. Para determinar la superficie de cada lote, se ha previsto que cada uno tendrá una dimensión promedio de 10 m de frente por 30 m de fondo, con una superficie por manzana que incluye calles de 14.400 m², por lo que queda:

Superficie Unitaria Lote	300 m ²
Superficie por manzana	14400 m ²
Número de lotes por manzana	48
Costo por lote	86000 \$
Costo unitario por lote	286,67 \$/m ²
Lotes por Ha =	30 Lotes/Ha

De acuerdo al caudal de la planta se considera que esta ocupará un espacio de 8,5 Ha lo que representa a 237 lotes afectados. Con el área que ocupará la planta se determina para un relación largo sobre ancho igual a 2, el perímetro de la misma, y con esto se computa el alambrado perimetral que la rodee.

La capacidad de transformación de 1200 KVA, fue considerando el consumo de los TA más el 50 % de la recirculación del efluente. No se han considerado los insumos necesarios para las demás actividades comunes a todas las alternativas.

Los edificios involucrados (ver Tabla 12) son característicos de este tipo de instalaciones y fueron considerados por ser de diferentes tamaños o por no ser construidos en las distintas alternativas analizadas.

Se considera adicionalmente el costo de reposición de los activos como un 2 % con respecto a los componentes electromecánicos afectados al servicio. Es decir, se constituye un fondo para las sustituciones futuras y se van reparando y reemplazando los equipamientos que se vayan malogrando. Se ha considerado que el equipamiento electromecánico representa aproximadamente el 50 % del costo total de las obras.

Los Costos de Inversión que diferencian a esta alternativa con respecto a las demás, se encuentran desarrollados en la Tabla 13.

Tabla 13: Costos de Construcción Alternativa I-PD: Tanques de Aireación (año 2013)

Ítem	Costo de Construcción Alt. I-PD
Limpieza y Nivelación del Terreno	3.771.195
Costo Sedimentadores Primarios	41.512.950
Costo Tanques de Aireación	43.433.107
Estación de Bombeo de Recirculación	9.363.313
Costo Sedimentadores Secundarios	46.121.375
Costo Espesador de Barros	4.358.757
Costo Digestión de Barros	23.682.722
Costo Transformador y Grupo Electrónico	1.994.450
Costo Cañerías de Intercomunicación	11.000.000
Costo Edificios Adicionales	290.839
Costo Terrenos	20.382.000
Alambrado Perimetral	592.848
TOTAL	206.503.556

3.1.3.2.4 Costos Operativos Diferenciales Alternativa I-PD: Tanque de aireación

Se ha calculado el costo para elevar el líquido de recirculación (50%) a una altura manométrica de elevación de 8,00 m, que representa un insumo de 0,039 KWh/m³. El costo de energía eléctrica asumido es de 0,363 \$/KWh, que es lo que se está pagando actualmente ABSA.

Adicionalmente, se necesita energía eléctrica para airear el TA. El insumo unitario de la misma se obtiene de la siguiente relación de acuerdo a los cálculos oxígeno y los equipos necesarios, datos obtenidos de un fabricante de sopladores de aire:

Potencia Necesaria Sopladores	215,00	HP
Potencia Necesario Sopladores	158,24	KW
Energía Eléctrica	3797,76	KWh/d
Qdiseño =	28800	m3/d
Insumo unitario =	0,132	KWh/m3
Ineficiencia Tratamiento	1,2	
Insumo unitario a considerar =	0,158	KWh/m3

Se ha previsto una sobre oxigenación del 20 % en el TA por ineficiencias operativas.

Se considera adicionalmente que será necesario para el mantenimiento corriente de los activos afectados al servicio, invertir un 0,3 % incluyendo las obras civiles y electromecánicas (pinturas, revoques, aceites, repuestos menores, etc).

3.1.3.2.5 Valor presente Neto de Alternativa I – PD: Tanque de Aireación

El valor presente neto al año 2013 de esta alternativa para una tasa de descuento del capital del 10 % se encuentra resumido en la tabla siguiente.

Alternativa	Tasa de Descuento %	Valor Presente Neto (\$)
Valor Presente Neto Alternativa I-PD: Tanques de Aireación	10%	207.724.235

3.1.3.3. Alternativa II-PD: Zanjas de Oxidación

3.1.3.3.1 Introducción

Se ha previsto construir un sistema de aireación extendida a través de zanjas de oxidación, evaluando únicamente los costos diferenciales de esta alternativa con respecto a las otras, sin considerar aquellas comunes a todas. Se anexa al presente informe, un croquis con los caudales y cargas orgánicas sometidas al proceso de depuración a través de la zanjas de oxidación.

La línea líquida de este proceso estará integrada por las siguientes estructuras principales:

- Cámara de carga de ingreso.
- Desarenador
- Zanja de Oxidación
- Sedimentador Secundario
- Cámara de Contacto para desinfección con gas cloro del efluente al río Paraná
- Emisario de descarga sobre el río Paraná

En este caso la estabilización del barro se logra dentro del mismo reactor (zanja) que reduce la carga orgánica del efluente cloacal, por lo que no es necesario construir digestores de barro separados. Tampoco se utilizan sedimentadores primarios, ingresando el efluente cloacal directamente a las zanjas después de desarenado y eliminado previamente la basura.

Para evaluar esta alternativa, se estudiarán los siguientes costos que la diferencias con respecto a las demás:

- Limpieza y Nivelación del Terreno.
- Costo de construcción de la Zanja de Oxidación.
- Costo de construcción del sedimentador secundario.
- Costo Construcción Espesadores.
- Costo de construcción estación de bombeo de recirculación.
- Costo de construcción Edificios: Sala de Sopladores, Sala comando de Digestores y Sala de Tableros EB de recirculación.
- Costo de construcción Edificios: Sala de Sopladores, Sala comando de Digestores y Sala de Tableros EB de recirculación.
- Costo del terreno de implantación lagunas.
- Costo Alambrado Perimetral.
- Costo de cañerías de intercomunicación.
- Costo transformación de energía eléctrica y grupo electrógeno.
- Costo de reposición del equipamiento electromecánico afectado al servicio.
- Costo de energía eléctrica de recirculación.
- Costo de energía eléctrica del Tanque de Aireación.
- Costo de mantenimiento corriente.

3.1.3.3.2 Predimensionamiento de los componentes del tratamiento Alternativa II-PD: Zanjas de Oxidación

Zanjas de Oxidación

Para calcular el costo del sistema de Zanjas de Oxidación, ha sido necesario dimensionar el tamaño de las instalaciones siguiendo los mismos parámetros de diseño que la primera alternativa:

CAUDALES, CARGA ORGANICA Y POBLACION

Caudales de Diseño

Q_{C20} = caudal medio diario (2028) =	96.000 m ³ /d
α_1 = coeficiente máximo diario =	1,20
α_2 = coeficiente máximo horario =	1,40

α = coeficiente máximo total =	1,68
Q_{D20} = caudal máximo diario (2026) =	115.200 m ³ /d
Q_{E20} = caudal máximo horario (2026) =	1866,67 l/s

Carga Orgánica

DBO ₅ = Demanda Bioquímica de Oxígeno =	255 mg/L
% remoción tratamiento preliminar =	0,00
DBO ₅ = Demanda Bioquímica de Oxígeno =	254,5076283 mg/L
L_A = carga orgánica media efluente =	24.433 KgDBO ₅ /d

Población equivalente sistema

δ = dotación de consumo de agua =	250 m ³ /d/hab
ϕ = Coeficiente de descarga a la red de desagües =	0,80
V_u = Descarga unitaria a la red =	200 m ³ /d/hab
P_{equiv} = población equivalente =	480.000 hab

ZANJA DE OXIDACIÓN

Dimensiones

Q_d = caudal de diseño =	96.000,00 m ³ /d
N = Número de Zanjas =	4
Q_{C20} = Caudal medio diario por zanja =	24.000,00 m ³ /d
DBO5 ingreso = concentración orgánica ingreso TA =	254,51 mg/L
DBO5 efl. = concentración salida proceso =	38,00 mg/L
L_A = carga orgánica media por zanja =	5.196,18 KgDBO ₅ /d
f = relación alimento / microorganismos =	0,067 KgDBO ₅ /d*KgSSTA
$X = \text{KgSSTA/m}^3$ = concentración sólidos suspendidos totales TA =	4,50 KSSTA/m ³
C_v = carga orgánica volumétrica =	0,300 KgDBO ₅ /d*m ³
$V = L_A/C_v$ = volumen de cada zanja =	17.320,61 m ³
$T = V/Q_d$ = Permanencia hidráulica =	17,32 horas
θ_c = edad del lodo =	20,00 dias
H = tirante líquido de la zanja =	5,00 m
B_1 = ancho de fondo de la zanja =	5,00 m
i = pendiente de los taludes $[1/x] \times$ =	0,00
B = ancho medio del canal =	5,00 m
B_2 = ancho superficie líquida =	5,00 m
H_o = revancha =	0,50 m
H_t = altura total = $H + H_o$ =	5,50 m
B_o = ancho en el coronamiento =	5,00 m
e = espesor muros internos =	0,20 m
A_1 = area total sector semicirc menor =	122,57 m ²
$V_1 = A_1 \times H$ = Volumen sector semicirc menor =	612,85 m ³
A_2 = Area sector semic mayor =	125,79 m ²
V_2 = Volumen sector semic mayor =	628,95 m ³
V_r = volumen sector recto =	16.078,82 m ³

n_c = número de calles por tanque =	5,00 m
L_r = Long sector recto =	128,63 m
L_r = Long sector recto =	129,00 m
L = Longitud eje medio =	692,82 m
B_z = ancho total de cada unidad = $4 \cdot B_o + 3 \cdot e$ =	20,60 m
Lodo en Exceso proceso biológico (secundario)	
$Q_{wz} = V \cdot X / (\theta_c \cdot X_r)$ = caudal de barro en exceso por zanja =	433,02 m ³ /d
Q_{wt} = caudal de barro en exceso total =	1.732,06 m ³ /d
$C_s = Q_{wt} \cdot X_r$ = carga de sólidos barro exceso =	15.588,55 Kg/d
Caudal de recirculación	
X = concentración SSTA =	4,50 KSSTA/m ³
X_r = concentración SS Línea de retorno =	9,00 KSS/m ³
c = relación de compactación = X / X_r =	2,00
R = recirculación porcentual = Q_r / Q_{C20} =	100,00 %
Q_R = Caudal de recirculación =	24.000,00 m ³ /d
Q_R = caudal máximo recirculación (bomba de reserva)=	30.000,00 m ³ /d

DEMANDA DE OXIGENO EN EL AIREADOR

Síntesis de nuevas células

$DO_1 = a' \cdot E_f \cdot L_A$ = demanda de oxígeno para la síntesis nuevas células (por zanja) =	2.388,39 Kg O ₂ /d
$a' = \text{KgO}_2 \text{ requerido} / \text{kg DBO}_5 \text{ removida} =$	0,50 Kg O ₂ /Kg DBO
E_f = eficiencia esperada reducción DBO =	0,95

Respiración endógena

$DO_2 = b' \cdot SSTA$ = demanda oxígeno respiración endógena por zanja=	4.525,36 Kg O ₂ /d
$b' = \text{KgO}_2 / d \cdot \text{Kg SSTA} =$	0,06 Kg O ₂ /d/Kg SSTA
$SSTA = V \cdot X =$	75.422,75 Kg SSTA

Nitrificación del Nitrógeno Orgánico

$DO_3 = c' \cdot E_f \cdot N_{org}$ = demanda oxígeno nitrificación por zanja =	4.935,60 Kg O ₂ /d
$c' = \text{KgO}_2 / \text{Kg } N_{org} \text{ nitrificable} =$	4,57 Kg O ₂ /Kg N ₂
E_f = eficiencia para nitrificación =	0,90
$a_N = \text{Kg } N_{org} / \text{hab} \cdot d$ = cantidad de Nitrógeno per cápita =	0,01 Kg N ₂ /hab/d
$N_{org} = a_N \cdot P / N_L =$	1.200,00 Kg N ₂ /d

Denitrificación

$DO_4 = d \cdot N_{nitrif}$ (por zanja) =	3.084,75 Kg O ₂ /d
$d = c \cdot 62.5\% =$	2,86 Kg O ₂ /Kg N ₂
c = relación oxígeno / Nitrógeno =	4,57 Kg O ₂ /Kg N ₂
$N_{nitrif} = N_{org} \cdot 0.90 =$	1.080,00 Kg N ₂ /d

Demanda total media por tanque

$$DO_t = DO_1 + DO_2 + DO_3 - DO_4 = 8.764,60 \text{ Kg O}_2/\text{d}$$

Demanda de pico para una unidad

$$AOR = DO_s = K * DO_t = 11.393,98 \text{ Kg O}_2/\text{d}$$

$$K = \text{coeficiente de pico} = 1,30$$

Demanda de oxígeno en condiciones de campo

VERANO

$$Z_{ver} = \alpha * \theta^{(T-20)} * (\beta * C_{sc} - OD) / C_{ss} = \text{coef.}$$

$$\text{corrección campo verano} = 0,44$$

INVIERNO

$$Z_{ver} = \alpha * \theta^{(T-20)} * (\beta * C_{sc} - OD) / C_{ss} = \text{coef.}$$

$$\text{corrección campo invierno} = 0,43$$

$$T_1 = \text{Temperatura media mes más cálido} = 27,40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = \text{Temperatura media mes más frío} = 15,40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$H = \text{Altitud sobre el nivel mar} = 890,00 \text{ m}$$

$$\alpha = \text{relación entre tasas transferencia de O}_2 \text{ líquido cloacal y agua pura} = 0,60$$

$$\beta = \text{relación entre concentraciones de saturación cloacal y agua pura} = 0,95$$

$$C_{sc} = \text{concentración saturación de O}_2 \text{ para Verano} = 7,99 \text{ mg O}_2/\text{L}$$

$$C_{sc} = \text{concentración saturación de O}_2 \text{ para Invierno} = 9,70 \text{ mg O}_2/\text{L}$$

$$C_{ss} = \text{Idem para } 20^\circ\text{C, H} = 0.00 \text{ m} = 9,02 \text{ mg O}_2/\text{L}$$

$$\theta = \text{factor corrección por temperatura} = 1,024$$

$$OD = \text{concentración de O}_2 \text{ en el tanque} = 2,00 \text{ mg O}_2/\text{L}$$

Demanda de oxígeno real por zanja

$$SOR = DO_r = DO_s / Z_{ver} = 25.706,24 \text{ Kg O}_2/\text{d}$$

$$SOR = DO_r = DO_s / Z_{inv} = 26.467,26 \text{ Kg O}_2/\text{d}$$

Para Sopladores

$$SOR = \text{consumo real de oxígeno} = 26.383,75 \text{ KgO}_2/\text{d}$$

$$\text{Densidad aire} = 1,22 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{SOTE \%}/\text{m} = \text{transferencia de oxígeno máxima por metro de profundidad} = 5,5 \text{ \%}/\text{m}$$

$$hta = \text{profundidad del TA} = 4,75 \text{ m}$$

$$\% \text{ de Transferencia para condiciones Standard} = 26,125 \text{ \%}$$

$$\text{Masa de O}_2 \text{ introducida} = 100.990 \text{ KgO}_2/\text{d}$$

$$\text{Cantidad de O}_2 \text{ en el aire} = 23,2\%$$

$$\text{Masa de Aire} = 435.304 \text{ Kgair}/\text{d}$$

$$\text{Caudal de Aire por TA en Condiciones Reales} = 355.689 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{Caudal de Aire por TA en Condiciones Reales} = 14.820 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pérdida energía total

$$h_t = h_d + h_g + h_c = 573,34 \text{ mbar}$$

$$Ns = \text{número de sopladores por TA} = 2,00$$

$$\text{Caudal de Aire por TA} = 7.410,19 \text{ m}^3/\text{h}$$

Potencia neumática =	191,00 HP
Potencia de cada motor =	215,00 HP
Potencia Total Por Zanja =	430,00 HP

Resumiendo, se necesita construir cuatro zanjas de oxidación con cuatro calles de 5,00 m de ancho cada una, 129,00 m de longitud en el sector recto y 5,00 m de profundidad líquida. Se debe incorporar por zanja 26.385 KgO₂/d de oxígeno ó su equivalente 14.820 m³/h de aire por zanja.

De acuerdo a lo establecido en los parámetros básicos de diseño se dimensionó la zanja para una carga orgánica de ingreso de 255 mg/L (cloacal más camiones atmosféricos), la cual será disminuida a 38 mg/L a la salida (>40 mg/L). Se ha adoptado esta carga orgánica efluente a los fines de amortiguar cualquier tipo de carga puntual que desestabilice al sistema, cuya máxima de diseño será de 40 mg/L.

Sedimentador Secundario

Para el sedimentador secundario, se calcula primeramente para una carga superficial de 24 m³/m²/d y se verifica para una carga másica de 120 KSS/m³, resultando como condicionante para el diseño, la carga másica, según se desprende de la siguiente secuencia de cálculo:

SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Dimensiones por Carga Superficial

N _s = número de sedimentadores por zanja =	1,00
C _{sh} = carga superficial hidráulica =	24,00 m ³ /m ² *d
Q _{máxsed} = caudal máximo diario por sedimentador =	28.800,00 m ³ /d
A = área superficial de cada unidad =	1.200,00 m ²
D = diámetro de cada sedimentador =	39,09 m
D _{adopt} = Diámetro adoptado Sedimentador =	40,00 m
dcn = diámetro pozo central, adoptado =	4,60 m
Asn = área superficial del sedimentador nuevo =	1.200,00 m ²
h = profundidad periférica del sedimentador, adoptada =	2,50 m
i = pendiente de fondo, adoptada =	10,00 %
hc = profundidad central del sedimentador =	4,27 m

Vn = volumen de sedimentación nueva =	
= Asn * h + 1/3 * Pi * (hc - h) * ((dcn/2)^2 + (dcn/2) * (Dna/2) + (Dna/2)^2) =	3.836,48 m ³
P = permanencia en cada sedimentación = Vn / (Qmáx / Nn) =	3,20 h

Dimensiones por carga másica

Qmad+Qr = Caudal total =	52.800,00 m ³ /d
X = concentración del barro en los Tanques de Aireación =	4,50 KgSS/m ³
Css = carga másica media =	120,00 KgSS/m ² /d
D = diámetro de cada sedimentador =	50,00 m
A = área superficial de cada unidad =	1.980,00 m ²

Espesadores de Barros

Los espesadores de barros serán iguales a los determinados en la alternativa I-PD.

3.1.3.3.3 Costo de Construcción Alternativa II-PD: Zanja de Oxidación

En la Tabla 15 se presenta el costo de construcción incluyendo IVA, gastos, beneficios empresariales e impuestos, al igual que en el resto de las alternativas analizadas. Todos los costos surgen del análisis de precios realizados para el presente proyecto.

Para el cómputo de esta alternativa se establecieron las siguientes hipótesis:

- Espesor promedio de paredes laterales y frontales = 0,35 m.
- Espesor de Fondo = 0,40 m.
- Pasarelas de acceso espesor = 0,12 m y ancho 1,20 m.
- Altura de excavación = 3,50 m.
- Sistema de aireación. Costo según fabricante e incluye: sopladores, cañerías de distribución de aire de acero inoxidable, sistemas de parrillas de polietileno y difusores circulares de membrana fina, válvulas, etc.
- Sala de Sopladores: edificio de 200 m².
- Estación de bombeo para un 100 % de recirculación.
- Costo de cada reja fina de ingreso. En este caso no se considera necesario tamizar el líquido de ingreso, porque la estopa o basura que pasan por las rejillas no afectan significativamente al proceso. Diferente es en la alternativa de Lechos percoladores, que necesitan un tamizado para evitar que se taponen los orificios que riegan a los percoladores.
- Costo de transformación de energía eléctrica y Grupo Electrónico. Por un lado se necesita cubrir la energía para los sopladores de los tanques de aireación, y por otro, la correspondiente a la estación de bombeo de recirculación (50 % del caudal). Se considera que se necesitan 2400 KVA para el funcionamiento de los sopladores y de la estación elevadora de recirculación.
- Costo de reposición del equipamiento electromecánico afectado al servicio.

El cómputo de esta alternativa es establecido en la Tabla 14.

Tabla 14: Cómputo métrico Zanjas de Oxidación

HORMIGÓN H-21		
<u>Zanjas de Oxidación</u>		
Np = número de Zanjas =	4	
e = espesor de muros internos =	0,25	m
e = espesor muros externos =	0,35	m
L = largo de paredes laterales =	2580,00	m
Altura Zanjas =	6,00	m
Lcta = longitud sector recto =	129,00	m
Volumen Total Hormigón paredes =	5212,03	m ³

Af = área de Fondo Zanjás =	12306,70842	m2
e = espesor de fondo Zanja =	0,40	m
Vf = volumen de fondo =	4922,68	m3
Volumen Total TA H-21 =	10134,71	m3
<u>Pasarelas</u>		
B = ancho pasarelas =	1,20	m
L = longitud total de pasarelas =	80,40	m
e = espesor pasarelas =	0,15	
Volumen pasarelas =	14,47	m3
<u>Cámara de Salida Zanja</u>		
nc = número de cámaras de salida =	4,00	
Af = área de Fondo de cada Cámara =	17,40	m2
e = espesor fondo cámara de salida	0,30	m
Vf = volumen de fondo =	20,88	m3
perímetro paredes =	10,6	m
Altura paredes =	6	m
espesor muros =	0,25	m
nm = número de muros =	4	
Volumen muros Cámara de salida TA =	63,6	m3
Volumen total Cámara de Salida H-21 =	84,48	m3
Volumen Total TA H-21 =	10.233,67	m3
HORMIGÓN H-10		
e = espesor Hormigón de Limpieza H-10 =	0,10	m
Ata = área Zanjás =	12.306,71	
Acs = área cámara de salida =	69,60	
Volumen TA H-10	1.237,63	m3
EXCAVACION		
H = altura de Excavación promedio =	2,00	m
Area de Excavación =	13.537,38	m2
Vexc = volumen de excavación =	27.074,76	m3
Vereda Perimetral =	81,75	m2

El costo de construcción para esta alternativa se presenta en la Tabla 15.

**Tabla 15: Costo de Construcción Alternativa II – PD: Zanjas de Oxidación
(año 2013)**

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Limpieza y nivelación del Terreno	\$/m2	84.739,89	24,72	2.094.770,05
Subtotal Limpieza y nivelación del terreno				2.094.770,05
Tanque de Aireación				
Hormigón H-21	m3	10.234	7.555	77.315.607
Hormigón H-10	m3	1.238	1.716	2.123.597
Excavación y compactación Lateral	m3	27.075	233	6.302.777
Sistema de Aireación 59281,54 m3/h de aire	Gl			36.048.665
Barandas de Seguridad	m	521	603	314.145
Estación de Bombeo de Recirculación (Qb=100%*Qd)	m3/d	96.000	195	18.726.627
Subtotal Tanque de Aireación				140.831.418
Sedimentador Secundario				
Hormigón H-21	m3	4.709	7.555	35.579.787
Hormigón H-10	m3	860	1.716	1.475.544
Excavación y compactación Lateral	m3	82.098	233	19.111.805
Vereda Perimetral	m2	596	612	365.214
Equipamiento Electromecánico (Barredores - 39,00 m + Válvulas)	Gl			12.572.756
Subtotal Sedimentador Secundario				69.105.106
Cañerías de Intercomunicación Unidades				
Subtotal Cañería de Intercomunicación de Unidades	Gl			8.800.000
Terreno de Implantación				
Cantidad de lotes afectados por las obras	Nº	237	86000	20.382.000
Alambrado Perimetral				
Subtotal Longitud de Alambrado Olímpico	m	1235,0	480	592.848
Espesador de Barros				
Hormigón H-21	m3	284	7.555	2.146.873
Hormigón H-10	m3	62	1.716	106.207
Excavación y compactación Lateral	m3	3.051	233	710.251
Vereda Perimetral	m2	123	612	75.019
Equipamiento Electromecánico (Barredores - 18,00 m + Válvulas)	Gl			1.320.407
Subtotal Epesadores de Barro				4.358.757

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Edificios Adicionales				
Sala de sopladores de Tanques de Aireación	m²	200,00	612,29	122.458,45
Edificio para Estación de recirculación de barros secundarios y en exceso	m²	126,00	612,29	77.148,82
Subtotal Edificios				199.607,28
Costo Transformadores y Grupos Electrónicos				
Potencia estimada 2400 KVA	Gl			3.988.899,56
Subtotal Costo Transformadores y Grupos Electrónicos				3.988.899,56

Para determinar el costo del terreno en donde se implantará la depuradora, se ha procedido de igual manera que para la alternativa I-PD, debido a que este tipo de tratamiento ocupa en general el mismo espacio que una planta de barros activados convencional.

La capacidad de transformación de 2400 KVA, fue considerando el consumo de las zanjas más el 100 % de la recirculación del efluente. No se han considerado los insumos necesarios para las demás actividades comunes a todas las alternativas.

Tabla 16: Costo de Construcción Alternativa II-PD: Zanja de Oxidación (año 2013)

Item	Costo de Construcción Alt. II-PD
Limpieza y Nivelación del Terreno	3.771.194,52
Costo Zanjas de Oxidación	140.831.418,00
Costo Sedimentadores Secundarios	69.105.106,07
Costo Espesador de Barros	4.358.757,18
Estación de Bombeo de Recirculación	18.726.626,54
Costo Transformador y Grupo Electrónico	3.988.899,56
Costo Cañerías de Intercomunicación	8.250.000,00
Costo Edificios Adicionales	199.607,28
Costo Terrenos	20.382.000,00
Alambrado Perimetral	592.848,20
TOTAL	270.206.457

En este caso el costo de las sala de sopladores resultó de mayor costo que la alternativa anterior porque necesariamente se debe duplicar la cantidad de aire y por consiguiente el espacio para los sopladores. Será mayor también el transformador y los Grupos electrónicos que en la alternativa anterior al necesitar mayor potencia para el funcionamiento de los sopladores.

También se ha considerado el costo de reposición de las obras electromecánicas siguiendo el mismo razonamiento que en el numeral anterior.

3.1.3.3.4 Costos Operativos Diferenciales Alternativa II-PD: Zanja de Oxidación

Se ha calculado el costo para elevar el líquido de recirculación (100%) a una altura manométrica de elevación de 8,00 m, que representa un insumo de 0,039 KWh/m³. El costo de energía eléctrica asumido es de 0,363 \$/KWh, al igual que en la alternativa anterior. Como ya se ha mencionado se han considerado los costos al año 2013.

Adicionalmente, se necesita energía eléctrica para airear el TA. El insumo unitario de la misma se obtiene de la siguiente relación de acuerdo a los cálculos oxígeno y los equipos necesarios, datos obtenidos de un fabricante de sopladores de aire:

Potencia Necesaria por cada Soplador	430,00	HP
Potencia Necesaria Sopladores	316,48	KW
Energía Eléctrica	7.595,52	KWh/d
Qdiseño =	28.800	m3/d
Insumo unitario =	0,264	KWh/m3
Ineficiencia Tratamiento	1,2	
	0,316	KWh/m3

Se ha previsto una sobre oxigenación del 20 % por ineficiencias operativas, resultando el insumo de energía, como consecuencia de multiplicar el insumo unitario por la ineficiencia en oxigenación por el caudal medio de tratamiento.

Además del costo señalado, se ha previsto el gasto correspondiente al mantenimiento corriente de las instalaciones siguiendo el mismo criterio que en el numeral anterior.

3.1.3.3.5 Valor presente Neto de la alternativa II – Zanja de Oxidación

El valor presente neto al año 2013 de esta alternativa para una tasa de descuento del capital del 10 % se encuentra resumido en la tabla siguiente.

Alternativa	Tasa de Descuento %	Valor Presente Neto (\$)
Valor Presente Neto Alternativa II-PD: Zanjas de Oxidación	10%	280.156.911

3.1.3.4. Alternativa III-PD: Lechos Percoladores con Manto plástico

3.1.3.4.1 Introducción

Estos deben ser contruidos aprovechando la mayor superficie específica del material de relleno con respecto a los lechos percoladores de piedras. Entre las ventajas permiten realizar menos unidades, con menores diámetros y mayor altura para alcanzar en general mejores rendimientos que los percoladores de piedras.

En las otras alternativas, se ha previsto que el líquido total que ingresa sea bombeado una sola vez porque la hidráulica del sistema lo permite. En este caso al tener los percoladores 6,00 m de altura, y no poder ser enterrados para permitir una correcta circulación del aire, no se puede llevar el líquido por gravedad desde los sedimentadores primarios a los percoladores, siendo necesario bombearlo nuevamente.

El croquis general de este sistema se anexa en plano adjunto a la presente evaluación, en donde se indican los caudales y cargas orgánicas en el circuito de la planta.

La línea líquida de este proceso estará integrada por las siguientes estructuras principales:

- Cámara de carga de ingreso.
- Desarenador
- Sedimentador Primario
- Lechos percoladores plásticos
- Sedimentador Secundario
- Cámara de Contacto para desinfección con gas cloro del efluente al río Paraná
- Emisario de descarga sobre el río Paraná

Para el barro, se ha previsto su estabilización y posterior deshidratación con filtros banda.

Para evaluar esta alternativa, se estudiarán los siguientes costos que la diferencias con respecto a las demás:

- Limpieza y Nivelación del Terreno
- Costo de Construcción Sedimentador primario.
- Costo de construcción del Lecho Percolador Manto Plástico.
- Costo de Construcción Sedimentador Secundario.
- Costo de construcción estación de bombeo de recirculación.
- Costo de tamices de 6 mm de paso para el ingreso a planta.
- Costo de construcción de los espesadores de barros.
- Costo de construcción de los digestores anaeróbicos.
- Costo de construcción Edificios: Sala comando de Digestores y Sala de Tableros EB de recirculación.
- Costo transformación de energía eléctrica y grupo electrógeno.
- Costo de reposición del equipamiento electromecánico afectado al servicio.
- Costo del terreno de implantación lagunas.
- Alambrado perimetral.
- Costo de la energía eléctrica para elevar el líquido a la torre del lecho percolador de 6,00 m.
- Costo de mantenimiento corriente.

3.1.3.4.2 Predimensionado Componentes del Tratamiento Alternativa III-PD: Lechos Percoladores Manto Plástico

Lechos percoladores de Manto Plástico

Para cuantificar el costo del lecho percolador a los fines de esta evaluación de alternativas, se dimensiona el sistema siguiendo el modelo de Germain – Schultz para una temperatura media ambiente de 21,4°C, de la siguiente manera:

Modelo de Germain - Schultz (Para m3/d)

Qmáxd = caudal máximo diario =	115.200	m3/d
r = recirculación =	30%	
Qr = caudal de recirculación =	34560	m3/d
Q+Qr = caudal total filtros percoladores =	149.760	m3/d
Tsd = tasa superficial de diseño =	100	m3/m2/d
As = área superficial =	1497,6	m2
np = número de lechos percoladores =	4	
Asp = área superficial por percolador =	374,4	m2
D = diámetro necesario percolador =	22,00	m
Acp = área de cada percolador =	380,13	m2
Atp = área total percoladores =	1520,53	m2
H = altura percolador adoptada =	6	m
DBO5 = carga orgánica de ingreso planta =	255	mg/L
% remoción Sedimentador primario =	30%	
DOB5af = concentración salida sedimentadores primarios =	178	mg/L
Se = DBO5 efluente =	36,15	mg/L
DOB5af = concentración orgánica de ingreso percolador =	145	mg/L
COss = carga orgánica salida sedimentador primario =	21.773	KgDBO5/d (m*min)^-
K20 = constante de reacción a 20° C y DBO5 de ingreso =	0,054	0,5
T = temperatura aire =	21,4	°C (m*min)^-
$K_t = K_{20} * 1,035^{(T-20)}$	0,0565	0,5
$K_t = K_{20} * 1,035^{(T-20)}$	2,146	(m*d)^-0,5
n = constante =	0,5	
$Se/Si = \exp (-K_t * D * ((1+R) * Q/A)^{-n}) =$	0,273	
Se = carga orgánica efluente =	39,73	mg/L
Atp = área total de percoladores para alcanzar la meta de 45 mg/L =	1750,00	m2
$Se/Si = \exp (-K_t * D * ((1+R) * Q/A)^{-n}) =$	0,249	
Se = carga orgánica efluente =	36,15	mg/L
Dcp = diámetro de cada percolador =	24,00	m
Ts = tasa superficial =	82,76	m3/m2/d
V = volumen de cada Percolador =	2714	m3
Cv = carga volumétrica =	2,01	Kg/d

Resumiendo, es necesario construir cuatro lechos percoladores plásticos de 24,00 m de diámetro cada uno, diseñados para una temperatura mínima media de 21,4 °C y cuya altura de manto plástico sea de 6,10 m. La carga hidráulica y volumétrica se hayan dentro de los parámetros recomendables para este tipo de tratamiento.

El dimensionamiento se ha realizado utilizando el Modelo de Germain - Schultz para recirculación del 30 %. Estos percoladores fueron dimensionados para el caudal máximo

diario y una concentración orgánica de entrada de 255 mg/L (cloacal más camiones atmosféricos) y una DBO5 de salida de 36,15 mg/L, valor razonable para este tipo de reactores.

El cómputo del lecho percolador es establecido en la Tabla 17.

Tabla 17: Cómputo Lecho Percolador

Cómputo Hormigón Lechos Percoladores Plásticos		
HORMIGÓN H-21		
<u>Percoladores</u>		
Np = número de percoladores =	4	
e = espesor de muros =	0,20	m
D = diámetro Percolador =	24,00	m
Altura Percolador =	8,10	
Perímetro Percolador =	76,03	m
Volumen de Hormigón Paredes Laterales =	492,41	m3
e = espesor de fondo percolador =	0,30	m
Vf = volumen de fondo =	551,95	m3
Volumen Total Percolador H-21 =	1.044,36	m3
HORMIGÓN H-10		
e = espesor Hormigón de Limpieza H-10 =	0,10	m
Volumen Hormigón de Limpieza H-10 Base Percolador =	193,22	m3
Volumen Percolador H-10	193,22	m3
RELLENO PLÁSTICO		
Np = número de percoladores =	4	
D = Diámetro del Percolador =	24,00	m
H = altura del manto plástico =	6,10	m
Vp = volumen manto Plástico =	11.031	m3
EXCAVACION		
Np = número de percoladores =	4	
H = altura de Excavación =	0,50	m
D = diámetro de influencia Excavación =	25,20	m
Vexc = volumen de excavación =	997,52	m3
VEREDAS PERIMETRALES		
P = perímetro veredas =	25,40	m
B = ancho Vereda =	1,00	m

Np = número de percoladores =	4	
Sv = superficie de veredas =	101,6	m ²

Sedimentadores Primarios

Se determinan de la misma manera que en la alternativa I-PD.

Sedimentadores Secundarios

En esta alternativa técnica, se determinan las dimensiones del sedimentador, considerando una recirculación del 30 %, ya que el líquido del proceso, será recirculado a la salida del decantador mencionado. Se dimensionan para una carga hidráulica de 24 m³/m²/d, según la siguiente secuencia de cálculo:

Sedimentadores Secundarios

Q _{máxd} = caudal máximo diario =	115.200	m ³ /d
R = razón de recirculación adoptada =	30%	
Q _{rec2} = Caudal recirculación secundario =	1.440	m ³ /h
Q _{rec2} =	34.560	m ³ /d
Q _{sed2} = caudal ingresante sedimentador secundario =	149.760	m ³ /d
Q _{sed2} =	6.240	m ³ /h
D = diámetro sedimentador =	45,00	m
A _s = Area Superficial cada Sedimentador =	1.590	m ²
N = número total sedimentadores =	4	
A _{ts} = área total de sedimentación =	6.362	m ²
C _{sh} = carga superficial media =	23,5	m ³ /m ² /d
C _{sh} máx = carga superficial máxima =	36,0	m ³ /m ² /d

De lo anterior surge la necesidad de construir un decantador de 45,00 m de diámetro. El cómputo de esta unidad se encuentra desarrollado en la

Tabla 18: Cómputo métrico Sedimentador Secundario

HORMIGÓN H-21		
<u>Sedimentadores Primarios</u>		
Np = número de SI =	4	
D = diámetro del sedimentador =	45,00	M
Volumen Total Hormigón Sedimentador =	3910,63	m ³
Volumen Total Cámaras SI =	69,62	m ³
Volumen Total TA H-21 =	3980,26	m³
e = espesor Hormigón de Limpieza H-10 =	0,10	m
Volumen Total TA H-10 Limpieza =	704,12	m³

EXCAVACION		
Solera	13777,26	m3
Fuste	50751,04	m3
Estructura central	722,57	m3
Canal lateral	2159,35	m3
Cámara salida lateral	94,62	m3
Cámara válvula telescópica	336,15	m3
Vexc = volumen de excavación =	67.841,00	m3
VEREDA PERIMETRAL		
Vereda Perimetral =	671,87	m2
PINTURA EPOXI INTERIOR		
N = número de Primarios =	4,00	m
D = diámetro Sedimentador Primario =	45,00	m
H = altura del Sedimentador perimetral =	4,00	m
Apl = área total paredes laterales =	2.261,95	m2
Af = área de fondo sedimentadores =	6.425,34	m2
At = área total =	8.687,29	m2

Espesadores de Barros

Al captar el barro del fondo del decantador una vez compactado, este tipo de tratamiento necesita espesadores de menor tamaño con respecto a los sistemas de barros activados, en donde el barro se extrae de la línea de recirculación.

Para el cálculo del espesador se ha considerado una concentración del barro mezclado (primario + secundario) del 4%. Con lo mencionado se dimensiona el espesador de acuerdo a la siguiente secuencia de cálculo:

1.- Cálculo de caudal de barros crudos

Q_{C20} = caudal medio diario =	4.000	m ³ /h
Q_{D20} = caudal máximo diario =	4800,0	m ³ /h
Coeficiente de pico	1,1	
SST_a = Concentración Sólidos suspendidos totales del afluente	225	mg/L
SST_A = Sólidos suspendidos totales del afluente	25920	kg/día
%SSV _a = Porcentaje de SSV del afluente	0,70	
%SST = Porcentaje de SST eliminados en desbaste	0,05	
%SSV _a = Porcentaje de SSV contenidas en las arenas	0,05	
SSV _D = Sólidos suspendidos volátiles eliminados en el desbaste	64,8	kg/día

Sedimentación primaria

SST_p = Sólidos suspendidos totales afluentes al Trat. Primario	24624	kg/día
---	-------	--------

%SST _p = Fracción SST eliminados en Trat. Primario	0,60
SST _p = Sólidos suspendidos totales eliminados en trat. Primario	14774 kg/día
%SST _p = Fracción SST eliminados en Trat. Primario	

Sedimentación secundaria

%SST _p = Fracción SST eliminados en Trat. Secundario =	0,30
SST _s = Sólidos Suspendidos Totales Secundario =	7.387 kg/día
M.S. = Materia sólida que llegan a los concentradores	22162 kg/día
□ _p = Peso específico del barro primario	1.020,00 kg/m ³
□ _s = Peso específico del barro secundario	1005 kg/m ³
c ₁ = Concentración del barro primario	0,04
c ₂ = Concentración del barro secundario	0,04
Q _{B1} = Caudal diario de barros a espesar	546 m ³ /día

2.- Espesamiento de barros para Lechos Percoladores

Caudal de barros diario	546 m ³ /día
M.S. = Materia sólida que llegan a los concentradores	22.162 kg/día
Ca = Concentración media del barro mezcla afluente	0,0400
Nc = numero de espesadores de barros	2,00
Dc = diámetro de concentrador	15,00 m
hc = altura de concentrador	3,00 m
S =superficie liquida del espesador =	176,71 m ²
i = Pendiente de la tolva	10,00%
ht = altura de la tolva	0,68 m
dt = Diámetro inferior de la tolva =	1,50 m
Vt = volumen tolva	44,13 m ³
Vc = volumen de concentrador	574,28 m ³
VE = volumen de espesamiento	1.148,56 m ³
t = permanencia hidráulica	50,50 h
Cs = carga hidráulica superficial	1,54 m ³ /m ² día
16 < Cs < 36 m ³ /m ² día s/Metcalf	VERIFICA
Css = carga de sólidos	kg
Css < 40 Kg SS/m ² día = carga de sólidos	62,70 SS/m ² día
Ce = Concentración barro espesado	0,05
□ _e = Peso específico del barro espesado	1.015,00 kg/m ³
Q _e = caudal de barro espesado	436,68 m ³ /día

Del cálculo resulta que es necesario construir dos espesadores de 15,00 m de diámetro, los cuales serán construidos en la primera etapa constructiva y servirán para todo el período de diseño de las instalaciones. En la Tabla 19 se presenta el cómputo preliminar

realizado para los espesadores de barros a colocar en la planta de lechos percoladores con manto plástico.

Tabla 19: Cómputo Espesadores de Barros para LP

HORMIGÓN H-21		
<u>Sedimentadores Primarios</u>		
Np = número de SI =	4	
D = diámetro del sedimentador =	15,00	m
Volumen Total Hormigón Sedimentador =	770,48	m3
Volumen Total Cámaras SI =	69,62	m3
Volumen Total TA H-21 =	840,11	m3
e = espesor Hormigón de Limpieza H-10 =	0,10	m
Volumen Total TA H-10 Limpieza =	84,45	m3
EXCAVACION		
Solera	841,36	m3
Fuste	3936,92	m3
Estructura central	131,67	m3
Cámara distribución	94,62	m3
Vexc = volumen de excavación =	5.004,57	m3
VEREDA PERIMETRAL		
Vereda Perimetral =	214,88	m2
PINTURA EPOXI INTERIOR		
N = número de Primarios =	4,00	m
D = diámetro Sedimentador Primario =	15,00	m
H = altura del Sedimentador perimetral =	4,00	m
Apl = área total paredes laterales =	753,98	m2
Af = área de fondo sedimentadores =	713,93	m2
At = área total =	1.467,91	m2

Digestores Anaeróbicos

Estos tendrán las mismas características que los dimensionados en la alternativa I-PD

3.1.3.4.3 Costo de Construcción Alternativa III-PD: Lechos Percoladores con Manto Plástico

En la Tabla 20 se presenta el costo de construcción de esta alternativa. Para el cómputo se establecieron las siguientes hipótesis:

- Espesor de paredes percoladores = 0,20 m
- Fondo espesor de paredes = 0,30 m
- No existe canaleta lateral
- Excavación de 0,50 m de profundidad.
- Manto plástico de 6,00 m de espesor y estructura de soporte.
- Brazo Giratorio hidráulico de 24,00 m de diámetro.
- Estación de bombeo para elevar el líquido hacia el percolador más 30 % de recirculación.

En la Tabla 20 se muestra el costo de construcción de esta alternativa. En este caso es necesario elevar todo el caudal que entra más un 30 % de recirculación. La estación elevadora de recirculación tendrá un costo proporcional superior a un 30 % de la estación elevadora de ingreso, computada en el presupuesto del proyecto ejecutivo para los TA.

Tabla 20: Costo de Construcción Alternativa III-PD – Lechos Percoladores manto plástico (año 2013)

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Limpieza y nivelación del Terreno	\$/m2	84.739,89	24,72	2.094.770,05
Subtotal Limpieza y nivelación del terreno				2.094.770,05
Sedimentador Primario (39,00 m) - Unidades 4				
Hormigón H-21	m3	3.188	7.555	24.086.917
Hormigón H-10	m3	538	1.716	922.908
Excavación y compactación Lateral	m3	29.621	233	6.895.494
Terraplenamiento Sedimentadores Primarios	m3	3.443	212	730.873
Vereda Perimetral	m2	596	612	365.214
Equipamiento Electromecánico (Barredores - 39,00 m + Válvulas)	Gl			8.511.544
Subtotal Sedimentadores Primarios				41.512.950
Lecho Percolador Manto Plástico				
Hormigón H-21	m3	1.044	7.555	7.890.176
Hormigón H-10	m3	193	1.716	331.539
Hormigón H-21	m3	998	233	232.214
Brazos Percolador 25 m de diámetro	Nº	4	1.052.000	4.208.000
Relleno Plástico Cross Flow	m3	11.031	1.793	19.781.360
Subtotal Lecho Percolador Manto Plástico				32.443.289

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Estación de Bombeo de Recirculación ($Q_b=130\% \cdot Q_d$)	m3/d	96.000	195	18.726.627
Subtotal EB Bombeo de Recirculación				18.726.627
Espesador de Barros				
Hormigón H-21	m3	840	7.555	6.347.021
Hormigón H-10	m3	84	1.716	144.904
Excavación y compactación Lateral	m3	5.005	233	1.165.022
Vereda Perimetral	m2	215	612	131.572
Equipamiento Electromecánico (Barredores - 15,00 m + Válvulas)	Gl			2.411.868
Subtotal Espesadores de Barro				10.200.387
Digestión de Barro (4 Primarios + 2 Secundarios)	Gl			29.133.463
Subtotal Digestores de Barros				29.133.463
Sedimentador Secundario				
Hormigón H-21	m3	3.980	7.555	30.070.937
Hormigón H-10	m3	704	1.716	1.208.174
Excavación y compactación Lateral	m3	67.841,00	233	15.792.817
Vereda Perimetral	m2	671,87	612	411.380
Equipamiento Electromecánico (Barredores - 45,00 m + Válvulas)	Gl			10.626.105
Subtotal Sedimentador Secundario				58.109.414
Cañerías de Intercomunicación Unidades				
Subtotal Cañería de Intercomunicación de Unidades				11.000.000
Terreno de Implantación				
Cantidad de lotes afectados por las obras	Nº	237,0	86.000	20.382.000
Alambrado Perimetral				
Subtotal Longitud de Alambrado Olímpico	m	1250,0	359	448.767
Edificios Adicionales				
Edificio para Estación de recirculación de barros	m²	126,00	612,29	77.148,82
Edificio de Sala de Comando de Digestión de Barros, s/ítem 46 del PETP.	m²	170,00	612,29	104.089,68
Subtotal Edificios				181.238,51
Costo Transformadores y Grupos Electroógenos				

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Potencia estimada 400 KVA	GI			664.816,59
Subtotal Costo Transformadores y Grupos Electr6genos				664.816,59

Al igual que en las alternativas anteriores se establecen todos los costos que la diferencian con las dem6s. Tambi6n se considera el costo de reposici6n del activo afectado al servicio.

En la Tabla 21 se resumen los costos afectados a cada alternativa.

Tabla 21: Costo de Construcci6n Componentes Alternativa III-PD: Lechos Percoladores con Manto Pl6stico (a6o 2013)

Item	Costo de Construcci6n Alt. III-PD
Limpieza y Nivelaci6n del Terreno	3.771.195
Costo Sedimentadores Primarios	41.512.950
Costo Lechos Percoladores	32.443.289
Costo Sedimentadores Secundarios	58.109.414
Costo Espesador de Barros	10.200.387
Costo Estaci6n de bombeo de Ingreso y Recirculaci6n (130% Qd)	18.726.627
Costo de Digesti6n Anaer6bica	23.682.722
Costo Transformador y Grupo Electr6geno	664.817
Costo Ca6er6as de Intercomunicaci6n	11.000.000
Costo Edificios Adicionales	181.239
Costo Terrenos	20.382.000
Alambrado Perimetral	592.848
TOTAL	221.267.486

3.1.3.4.4 Costos Operativos Diferenciales Alternativa III-PD: Lechos Percoladores Manto Pl6stico

Como ya se ha mencionado, se ha considerado los costos al a6o 2013.

Se ha calculado el costo para elevar el l6quido hacia los percoladores considerando una recirculaci6n del 30 % para una altura manom6trica de elevaci6n de 12,00 m, que representa un insumo de 0,058 KWh/m³. El costo de la energ6a el6ctrica asumido es de 0,363 \$/KWh.

Adicionalmente al igual que en las otras alternativas se incorpora el costo de mantenimiento corrientes de los bienes afectados al servicio.

3.1.3.4.5 Valor presente Neto de la alternativa III – Lechos Percoladores Manto Pl6stico

El valor presente neto al año 2013 de esta alternativa para una tasa de descuento del capital del 10 % se encuentra resumido en la tabla siguiente.

Alternativa	Tasa de Descuento %	Valor Presente Neto (\$)
Valor Presente Neto Alternativa III-PD: Lechos Percoladores Plásticos	10%	211.531.778

3.1.3.5. Alternativa IV-PD: Lagunas Aireadas

3.1.3.5.1 Introducción

Se ha previsto construir un sistema de lagunas aireadas, evaluando únicamente los costos diferenciales de esta alternativa con respecto a las otras, sin considerar aquellas comunes a todas. Se anexa al presente informe, un croquis con los caudales y cargas orgánicas sometidas al proceso de depuración a través del sistema de lagunas mencionado.

La línea líquida de este proceso estará integrada por las siguientes estructuras principales:

- Cámara de carga de ingreso.
- Desarenador
- Lagunas aireadas
- Lagunas de Sedimentación
- Cámara de Contacto para desinfección con gas cloro del efluente al río Paraná
- Emisario de descarga sobre el río Paraná

En este caso la estabilización del barro se logra dentro del mismo reactor (Laguna aireada) que reducen la carga orgánica del efluente cloacal, por lo que no es necesario construir digestores de barros separados. Tampoco se utilizan sedimentadores primarios, ingresando el efluente cloacal directamente a las lagunas después de desarenado y eliminado previamente la basura.

Los sedimentadores secundarios son reemplazados por lagunas de sedimentación ubicadas aguas debajo de las aireadas.

Para evaluar esta alternativa, se estudiarán los siguientes costos que la diferencias con respecto a las demás:

- Limpieza y Nivelación del Terreno
- Costo de las lagunas aireadas
- Costo de las lagunas de sedimentación
- Costo espesadores de barros
- Costo transformación de energía eléctrica y grupo electrógeno.
- Balsa y Bomba para extracción de Barros Lagunas de Sedimentación.
- Costo del terreno de implantación lagunas.
- Costo Alambrado Perimetral.

- Costo de reposición de los activos electromecánicos afectados al proceso.
- Costo energía eléctrica lagunas aireadas.
- Costo de mantenimiento corriente.

3.1.3.5.2 Predimensionado de los componentes de tratamiento Alternativa IV-PD

Lagunas de Aireación

Para el dimensionamiento de las lagunas aireadas (cuatro en paralelo) se ha considerado una temperatura de diseño media de 21,39°C, considerando que siempre en este tipo de sistemas, la potencia de agitación supera a la máxima cantidad de oxígeno que requieren las lagunas. En este caso se ha previsto colocar aireadores superficiales sobre flotantes para provocar la mezcla y la oxigenación. Las dimensiones de las lagunas y las potencias requeridas de los agitadores son deducidas a partir de la siguiente secuencia de cálculo:

Lagunas Aireadas

Qmaxd = caudal máximo diseño =	96.000,00 m ³ /d
k ₁ = K ₂₀ * q ^(T-20) =	1,21
q = Coeficiente dependiente de la temperatura =	1,085
DBO _{5ing} = concentración orgánica de ingreso =	255 mg/L
DBO _{5efl} = concentración orgánica efuente =	38 mg/L
E = eficiencia del proceso =	85%
T = temperatura de diseño =	21,39 °C
t = E/(K ₁ *(100-E)) =	4,69 Días
t _{adopt} = permanencia adoptada =	4,70 Días
V _{lag} = volumen total de lagunas =	451.200,00 m ³
N _{lag} = número de lagunas =	4,00
V _{clag} = volumen líquido de cada laguna =	112.800 m ³
H _{lag} = tirante líquido laguna =	3,00 m
i = pendiente del talud (1:x) =	2,50
r = revancha al coronamiento =	1,00 m

Dimensiones medias Superficiales Líquidas adoptadas

B _l = ancho Laguna nivel líquido =	139,00 m
L _l = Largo Laguna nivel líquido =	295,00 m
A _l = área líquida =	41.005,00 m ²
r = relación largo/ancho =	2,12

Dimensiones Fondo Laguna

B _f = ancho Fondo Laguna =	124,00 m
L _f = Largo Fondo Laguna =	280,00 m
A _f = área de Fondo =	34.720 m ²

Dimensiones nivel de coronamiento

B _c = ancho coronamiento Laguna =	144,00 m
L _c = Largo coronamiento Laguna =	300,00 m
A _c = área coronamiento Laguna =	43.200 m ²

Dimensiones medias a nivel líquido de Laguna

B_m = ancho medio líquido Laguna =	131,50 m
L_m = Largo medio líquido Laguna =	287,50 m
A_m = área media líquida Laguna =	37.806 m ²
V_l = Volumen líquido de c/Laguna =	113.457 m ³
t = permanencia hidráulica teórica =	4,73 d

Necesidad de Potencia

Potencia unitaria =	3 w/m ³
Potencia por laguna =	340 KW
Potencia por laguna =	462 HP
Número de aireadores =	18
Potencia de mezcla por aireador =	26 HP
Potencia motor por aireador =	35 HP

Lagunas de Sedimentación

Para decantar el líquido efluente de las lagunas aireadas de mezcla completa, es necesario construir lagunas de sedimentación en donde los barros se depositan en el fondo hasta ser retirados a través de una bomba sumergible que se sujeta a una balsa. Ésta puede desplazarse por toda la laguna e ir acoplado a través de bridas, la tubería de impulsión flexible que se encuentra en el agua, con la rígida en tierra.

Se dimensionan para un día de permanencia y las dimensiones finales surgen de la siguiente secuencia de cálculo:

Lagunas de Sedimentación

p = permanencia Laguna =	1 día
N_{lag} = número de laguna =	4,00
Volumen total lagunas de sedimentación =	96000 m ³
V_{clag} = volumen de cada laguna de sedimentación =	24000 m ³
H_{lag} = altura de la laguna =	2,5 m
i = pendiente del talud (1:/x) =	2,50
r = revancha al coronamiento =	1,00 m

Dimensiones medias Superficiales Líquidas adoptadas

B_l = ancho Laguna nivel líquido =	73,00 m
L_l = Largo Laguna nivel líquido =	151,00 m
A_l = área líquida =	11.023,00 m ²
r = relación largo/ancho =	2,07

Dimensiones Fondo Laguna

B_f = ancho Fondo Laguna =	60,50 m
L_f = Largo Fondo Laguna =	138,50 m
A_f = área de Fondo =	8.379 m ²

Dimensiones nivel de coronamiento

B_c = ancho coronamiento Laguna =	78,00 m
L_c = Largo coronamiento Laguna =	156,00 m
A_c = área coronamiento Laguna =	12.168 m ²

Dimensiones medias a nivel líquido de Laguna

B_m = ancho medio líquido Laguna =	66,75 m
L_m = Largo medio líquido Laguna =	144,75 m
A_m = área media líquida Laguna =	9.662 m ²

V_l = Volumen líquido de c/Laguna =	24.177 m ³
t = permanencia hidráulica teórica =	1,01 d

El cómputo de las lagunas aireadas y de sedimentación se encuentran resumidas en la Tabla 22.

Tabla 22: Cómputo métrico Lagunas Aireadas

Lagunas Aireadas		
NI = número de lagunas =	4	
L = longitud lagunas =	300,00	m
B = ancho lagunas =	144,00	m
Ht = altura total de las lagunas =	4,00	m
i = pendiente muros de la laguna (1/x) =	2,50	
b = ancho calles internas lagunas =	4,00	m
Lagunas de Sedimentación		
NI = número de lagunas =	4	
Longitud de Lagunas =	156,00	m
Ancho lagunas =	78,00	m
Ht = altura total de las lagunas =	3,50	m
i = pendiente muros de la laguna (1/x) =	2,50	
Terraplén		
ht = altura del terraplén =	1,90	m
hexc = altura de la excavación =	2,10	m
Longitud de Terraplén longitudinal Lagunas Aireadas =	1.516,00	m
Longitud de Terraplén longitudinal Lagunas de Sedimentación	796,00	m
Longitud de Terraplén transv. Lag. Aireada	1.168,00	m
Longitud de Terraplén transv. Lag. Sed.	328,00	m
LONGITUD TOTAL TERRAPLÉN	3.808,00	m
Ancho superior terraplén =	4,00	m
Ancho inferior terraplén =	13,50	m
Área promedio Terraplén =	16,63	m ²
VOLUMEN TERRAPLÉN =	63.308,00	m³
Lagunas aireadas		
Lf = longitud de fondo =	280,00	m
Bf = ancho del fondo =	124,00	m

Af = área de fondo =	34.720,00	m2
Lsex = longitud superior excavación =	290,50	m2
Bsex = ancho superior excavación =	134,50	m2
Area a nivel de excavación =	39.072,25	m2
Vexcaireada = volumen laguna aireada =	77.436,90	m3
Lagunas de Sedimentación		
Lf = longitud de fondo =	138,50	m
Bf = ancho del fondo =	60,50	m
Af = área de fondo =	8.379,25	m2
Lsex = longitud superior excavación =	149,00	m2
Bsex = ancho superior excavación =	71,00	m2
Area a nivel de excavación =	10.579,00	m2
Vexcaireada = volumen laguna aireada =	19.861,34	m3
Vtex = volumen de excavación =	97.298,25	m3
Area a cubrir con membranas		
Area de la base de cada LA=	34.720,00	m2
Area de la base de cada LS=	8.379,25	m2
Area Total base =	43.099,25	m2
Area laterales LA		
Lm = longitud media laguna =	300,00	m
Bm = ancho medio laguna =	144,00	m
Perímetro de una laguna =	888,00	m
h = altura total laguna =	4,00	m
LI = longitud del lateral inclinado =	10,00	m
AI = área lateral por lagunas =	8.880,00	m2
S = sobreancho lateral de empotramiento =	2,00	m
Ls = longitud sobreancho por laguna =	302,00	m
Bs = ancho sobreancho por laguna =	146,00	m
Perímetro sobreancho =	896,00	m
As = área del sobreancho =	1.792,00	m2
Area laterales LS		
Lm = longitud media laguna =	158,50	m
Bm = ancho medio laguna =	80,50	m
Perímetro de una laguna =	478,00	m
h = altura total laguna =	3,50	m
LI = longitud del lateral inclinado =	8,75	m
AI = área lateral por lagunas =	4.182,50	m2
S = sobreancho lateral de empotramiento =	2,00	m
Ls = longitud sobreancho por laguna =	158,00	m
Bs = ancho sobreancho por laguna =	80,00	m
Perímetro sobreancho =	476,00	m
As = área del sobreancho =	952,00	m2
AREA TOTAL A CUBRIR CON MEMBRANAS =	235.623,00	m2

Área a Compactar =	224.647,00	m2
Volumen a compactar =	44.929,40	m3
Superficie del Terreno		
Longitud total =	544,00	m
Ancho total =	696,00	m
Área total =	37,86	Ha

Espesadores de Barros

Se adoptan los espesadores calculados en los sistemas de barros activados y zanjas de oxidación.

3.1.3.5.3 Costo de Construcción Alternativa IV-PD: Lagunas Aireadas

En la Tabla 14 se presenta el costo de construcción incluyendo IVA, gastos, beneficios empresariales e impuestos, al igual que en el resto de las alternativas analizadas. Todos los costos surgen del análisis de precios realizados para el presente proyecto.

Para el cómputo de esta alternativa se establecieron las siguientes hipótesis:

- Ancho de los taludes de tierra de las lagunas = 4,00 m.
- Pendiente de los taludes (1:x) = 2,5.
- Compactación y revestimiento con membranas de polietileno de 1 mm de espesor.
- Agitadores superficiales montados sobre balsas para mezcla y oxigenación.
- Balsa para recoger e impulsar los lodos hacia los espesadores de barros.
- Costo de transformación de energía eléctrica y Grupo Electrónico. Se necesita cubrir la energía para los agitadores de los tanques de aireación. Se considera que se necesitan 2000 KVA para el funcionamiento de los agitadores.

El costo de construcción de los distintos componentes para esta alternativa que la diferencian de las demás, se encuentran desarrollado en la Tabla 23.

Tabla 23: Costo de Construcción Alternativa IV-PD – Lagunas Aireadas y de Sedimentación (año 2013)

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Limpieza y nivelación del Terreno	\$/m2	378.624	25	9.359.585
Subtotal Limpieza y nivelación del terreno				9.359.585
Lagunas Aireadas y de Sedimentación				
Terraplenes de las lagunas	m3	63.308	130	8.224.714
Excavación Lagunas	m3	77.437	105	8.129.355
Compactación Fondo y laterales	m3	67.394	130	8.755.563

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Membrana de impermeabilización	m2	235.623	53	12.470.149
Equimientto Electromecánico y Accesorios (18 aireadores - 30 HP por laguna)	Nº	72	634.533	45.686.342
Trabajos complementarios	Gl			4.163.306
Subtotal Lagunas Aireadas y de Sedimentación				87.429.430
Espesador de Barros				
Hormigón H-21	m3	284	7.555	2.146.873
Hormigón H-10	m3	62	1.716	106.207
Excavación y compactación Lateral	m3	3.051	233	710.251
Vereda Perimetral	m2	123	612	75.019
Equipamiento Electromecánico (Barredores - 18,00 m + Válvulas)	Gl			1.320.407
Subtotal Epesadores de Barro				4.358.757
Balsa y Bomba de Extracción de Barros	Gl			392.890
Cañerías de Intercomunicación Unidades				
Subtotal Cañería de Intercomunicación de Unidades				6.050.000
Terreno de Implantación				
Cantidad de lotes afectados por las obras	Nº	1.135	86.000	97.610.000
Alambrado Perimetral				
Subtotal Longitud de Alambrado Olímpico	m	2.480	480	1.190.461
Costo Transformadores y Grupos Electrénos				
Potencia estimada 2000 KVA	Gl			3.988.900
Subtotal Costo Transformadores y Grupos Electrénos				3.988.900

Al igual que en las otras alternativas, se considera un costo de reposición de los activos electromecánicos afectados al servicio.

3.1.3.5.4 Costos Operativos Diferenciales Alternativa IV-Lagunas Aireadas

Se necesita energía eléctrica para agitar y airear las lagunas de Aireadas. El insumo unitario de la misma se obtiene de acuerdo a la cantidad de aireadores por laguna calculados anteriormente. Se ha supuesto que estos funcionarán el 70 % del tiempo total, parando parte del equipamiento por distintas razones operativas.

Insumo de energía		
Energía para la mezcla =	278	KW/laguna

Energía por año por laguna =	1.706.145	KWh/año/laguna
Coefficiente de utilización =	0,70	
Costo unitario Energía =	0,363	\$/KWh

Se ha previsto adicionalmente el costo de mantenimiento corriente de las instalaciones al igual que en las demás alternativas.

3.1.3.5.5 Valor Presente Neto Alternativa IV-PD: Lagunas Aireadas

El valor presente neto al año 2013 de esta alternativa para una tasa de descuento del capital del 10 % se encuentra resumido en la tabla siguiente.

Alternativa	Tasa de Descuento %	Valor Presente Neto (\$)
Valor Presente Neto Alternativa IV-PD: Lagunas Aireadas	10%	219.050.322

3.1.3.6. Alternativa Seleccionada económica – financiera Plantas Depuradoras

En la Tabla 24 se presenta un cuadro resumen con las distintas alternativas analizadas. Aplicando el método de costo mínimo para las inversiones y costos operativos, se observa que la alternativa III-PD resulta más económica para una tasa de descuento de capital del 10 %. Por lo tanto, para el presente proyecto, se construirá una planta de lechos percoladores con manto plástico.

Tabla 24: Valor presente neto alternativas Técnicas Planta (tasa 10 %) (año 2013)

Alternativa	Tasa de Descuento %	Valor Presente Neto (\$)
Valor Presente Neto Alternativa I-PD: Tanques de Aireación	10	207.724.235
Valor Presente Neto Alternativa II-PD: Zanjas de Oxidación	10	280.156.911
Valor Presente Neto Alternativa III-PD: Lechos Percoladores Plásticos	10	211.531.778
Valor Presente Neto Alternativa IV-PD: Lagunas Aireadas	10	219.050.322

3.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA - FINANCIERA COLECTOR ALIVIADOR SUR

3.2.1. Introducción

La evaluación de esta alternativa técnica se encuentra desarrollada en el Cuadro N° 3.

Basado en el anteproyecto existente del denominado “Aliviador Colector Sur”, se estudia la conveniencia o no de ejecutar esta obra, debido a la complejidad para su construcción,

por tener que realizar grandes excavaciones para la instalación de las cañerías (mínima 6,44 m al empalmar con la cloaca sur existente, media de 8,50 m y máxima de 9,60 m).

Si se realiza el colector, la estación de bombeo próxima al cementerio sería menor que para el caso que no se ejecutara el colector de nexo mencionado. Este colector descargaría la cloaca máxima sur sobre el colector Ñapindá (Figura 2).

En el plano de la Figura 3 (elaborado por ACSA) se muestra el área servida con desagües cloacales separados por los colectores Ñapindá y Cementerio (año 2012).

La cantidad de cuentas por cada sector es la siguiente:

- Cuenca Ñapindá: 18.591 (24%)
- Cuenca Cementerio: 59.384 (76%)

Como se mencionara, para minimizar la estación de bombeo Cementerio, existe la posibilidad de desviar el colector sur en la intersección de las calles Tte Ibañez y Pasaje Belcastro hacia el colector Ñapindá. En este caso el área que será abastecida por este nuevo colector se muestra en la Figura 4, recolectando 25.988 cuentas que pertenecen actualmente a la cuenca cementerio. De esta manera cada sector recolectaría el efluente de las siguientes conexiones:

- Cuenca Ñapindá: $18.591 + 25.988 = 44.579$ (57%)
- Cuenca Cementerio: $59.384 - 25.988 = 33.396$ (43%)

Por lo tanto para evaluar la conveniencia o no de construir el colector, se analizarán las siguientes alternativas:

- Alternativa I-C: Colector Aliviador Sur: En ésta se estudiará el costo de construcción del aliviador sur, y de la estación elevadora del Cementerio. Además, el costo de energía de elevar desde ésta, hacia la estación de bombeo de Ñapindá.
- Alternativa II-C: Sin Colector Aliviadero Sur. En esta alternativa se estudiarán los mismos costos que para la alternativa I-C, con la diferencia que en este caso no se considera el costo del colector aliviadero sur, y se determina un insumo mayor de energía eléctrica, para elevar el caudal de la cuenca cementerio.

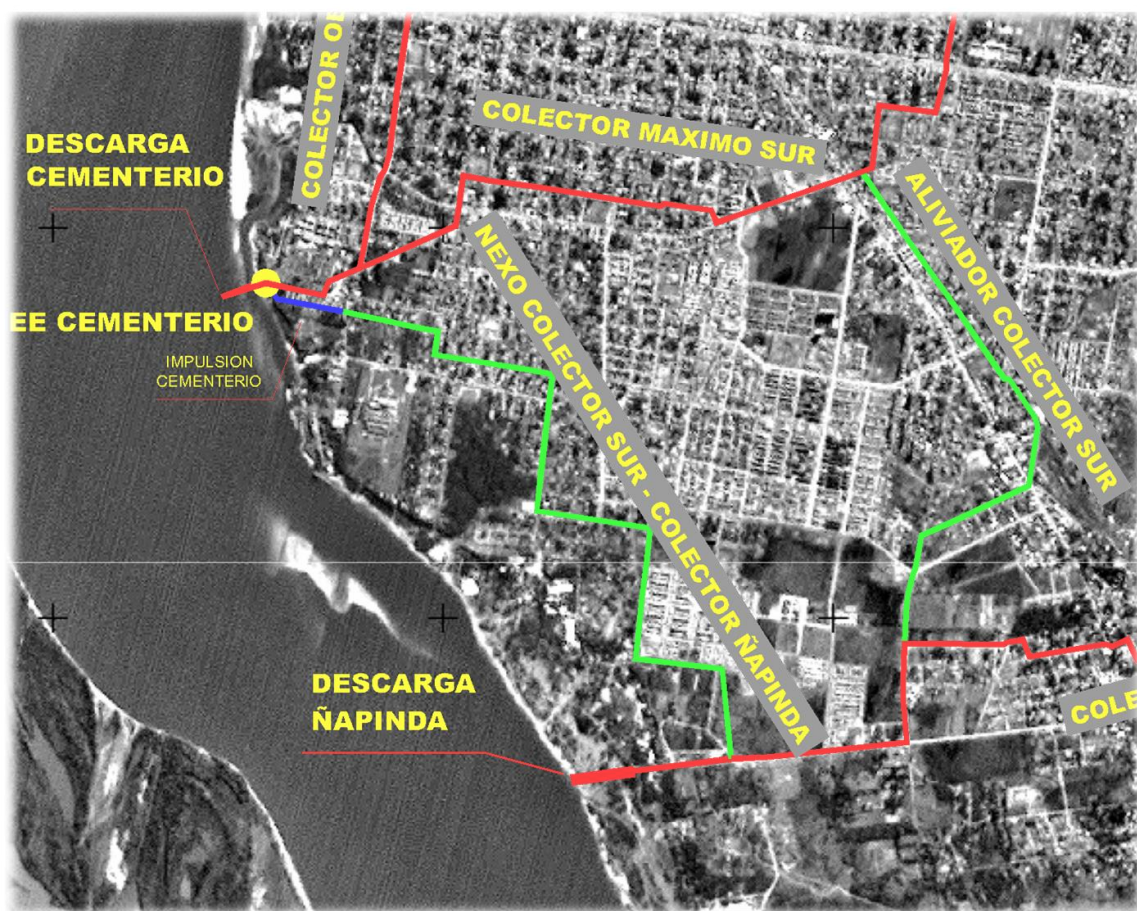


Figura 2: Fotografía aérea que indica el Aliviador Colector Sur

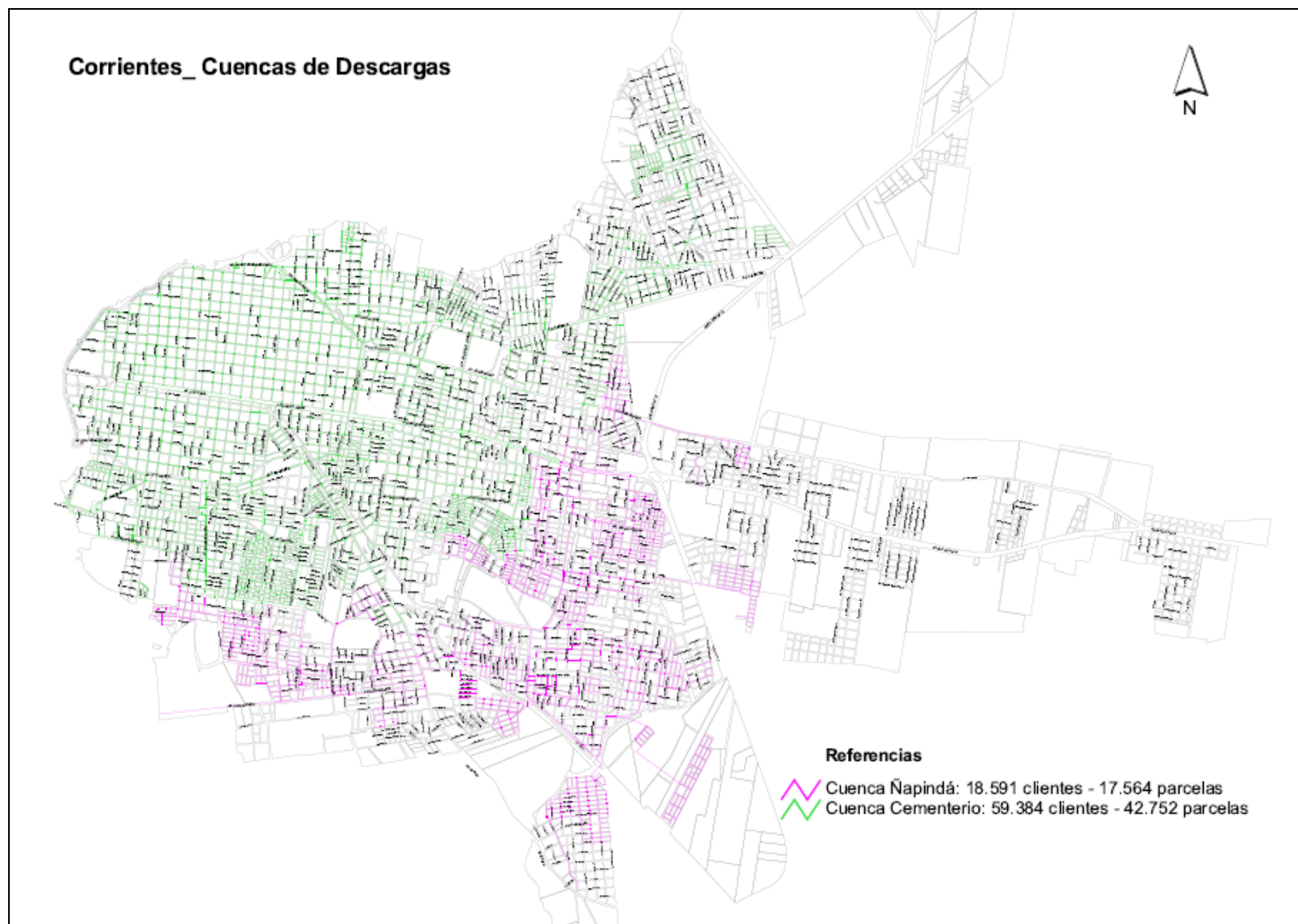


Figura 3: Sectores actualmente servidos por los colectores Ñapindá y Cuenca Cementerio

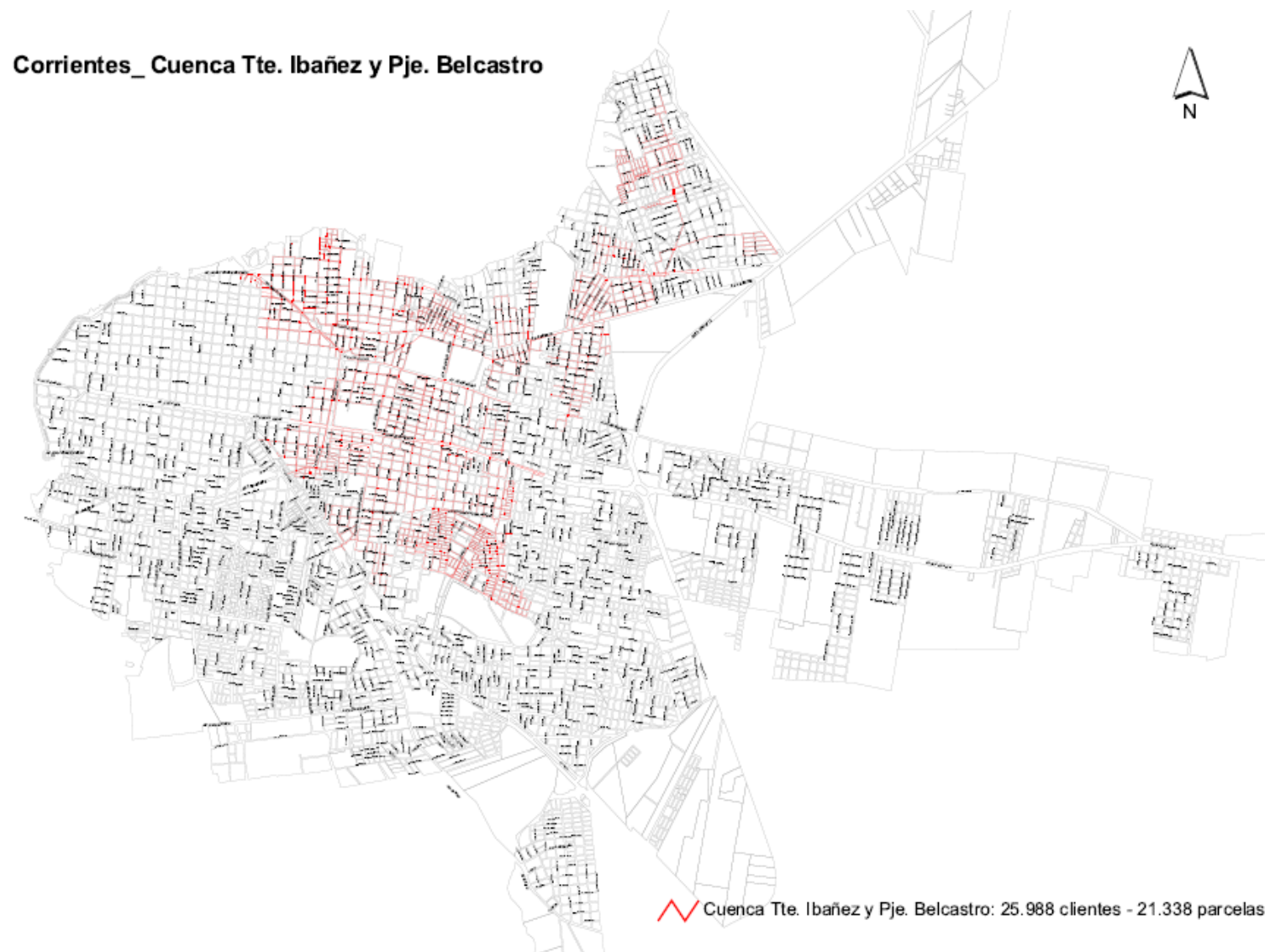


Figura 4: Sector a servir por el nuevo colector aliviador sur

3.2.2. Alternativa I-C: Colector Aliviador Sur

En esta alternativa (Cuadro N° 3) se prevé construir el colector aliviadero Sur y de esta manera achicar la estación de bombeo cementerio, al desviar gran parte del líquido correspondiente al actual emisario, hacia la cámara de bombeo de Ñapindá.

El anteproyecto existente, preveía un colector de 900 mm de diámetro que unía el colector Sur con el de Ñapindá. Dado que han transcurrido unos años desde el anteproyecto mencionado, es conveniente realizar un nuevo cálculo para conocer el diámetro con el cual debería ser construido el colector para satisfacer las necesidades al año 2036.

Del anteproyecto del colector Aliviadero Sur, se obtiene la pendiente promedio de la tubería y con ésta y considerando un tubo plástico, se determina que se necesitaría un colector de 1000 mm de diámetro, según consta en la siguiente secuencia de cálculo:

Cota partida colector	82,35	m
Cota llegada colector	80,54	m
L = longitud =	3.145,00	m
i = pendiente =	0,00058	m/m
D = diámetro colector	1,000	m
Máxima capacidad	679,76	L/s
n = coeficiente de Manning =	0,011	
Caudal colector	520,59	L/s

Para dimensionar la estación de bombeo del cementerio, se ha estimado el crecimiento de cada zona actualmente servida (Cuenca Ñapindá y Cuenca Cementerio) agregando a futuro toda la población que irá a habitar la zona de Santa Catalina ubicada al sur de la ciudad (terrenos del ex ejército). En la Tabla 25 se presenta la cobertura esperada y las cuentas actuales y futuras estimadas por cada sector.

Tabla 25: Determinación de la población servida por cuenca (Ñapindá, Cementerio y Santa Catalina) – Alternativa I-C

Cuenca	Cuentas 2012	Población Servida 2012 (hab)	Cobertura Estimada 2012 (%)	Población Total 2012 (hab)	Población Total 2026 (hab)	Cobertura del Servicio (%)	Población Total Servida (hab)	Cuentas al 2026 (N°)
Cuenca Ñapindá	44.579	157.473	69%	226.843	284.910	90,0%	263.438	74.577
Cuenca Cementerio	33.396	117.970	95%	124.179	136.597	98,0%	133.865	37.896
Santa Catalina					48.582	53,1%	25.777	7.297
Total	77.975	275.443	78%	351.022	470.089	90,0%	423.080	119.770

La capacidad que debería tener la estación de bombeo del cementerio, en caso que se construyera el colector aliviadero sur, se encuentra establecido en la Tabla 26, y la potencia aproximada, en la Tabla 27.

Tabla 26: Caudales a bombear y potencia de equipamiento estimado para la estación de bombeo Cementerio

Cuenca	Caudal Cuenca Ñapindá	% Cuenca	Caudal máximo horario total (L/s)	Caudal máximo Cuenca (L/s)	Caudal Bombas (L/s)	Diámetro Comercial (m)	Diámetro Impulsión (m)	Velocidad Impulsión (m/s)
Cementerio	Con Colector	32%	1.645	521	538	0,710	0,662	1,56

Tabla 27: Potencia aproximada estación de bombeo Cementerio

Cuenca	Alternativa I-C	Longitud de Impulsión (m)	Pérdida de Energía (m)	Desnivel a Bombear (m)	Altura manométrica (m)	Potencia Bombas (HP)
Cementerio	Con Colector	4021	10,90	6,92	17,82	230

En la Tabla 28 y Tabla 29 se encuentra el cómputo y presupuesto del colector aliviadero sur y de la cañería de impulsión del cementerio. En la Tabla 30 se presenta el costo de la estación de bombeo para esta alternativa.

Tabla 28: Presupuesto Colector Aliviadero Sur (año 2013)

ITEM	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Cañería PRFV 1000 mm	m	3.150	4.400	13.859.213
Bocas de Registro	Nº	32	11.878	380.104
Excavación	m3	64.575	106	6.869.121
Relleno	m3	61.425	147	9.053.476
Reparación Calles de Tierra	m2	8.505	227	1.929.128
Total				32.091.041

Tabla 29: Presupuesto Cañería de Impulsión Cementerio con Colector Aliviadero Sur (año 2013)

ITEM	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Cañería PRFV 710 mm y Accesorios	m	4.021	2.150	8.644.635
Excavación	m3	13.872	106	1.475.672
Relleno	m3	11.018	147	1.623.883
Reparación Calles de Tierra	m2	6.836	206	1.409.539
Total				13.153.729

Tabla 30: Costo Estación de Bombeo Cementerio (año 2013)

Potencia (HP)	COSTO UNITARIO (US\$/HP)	Costo Directo Total (US\$)	Costo Total + IVA (\$)
230	1.578	362.982	4.242.755

Se considera también el costo de reposición del 1 % para los activos Electromecánicos considerando que éstos representan el 50 % del costo total de las estaciones de bombeo.

Para calcular los costos operativos, es necesario determinar el insumo de energía eléctrica gastado anualmente para esta alternativa. Para esto en función de la altura manométrica de elevación y un rendimiento global de 0,56, se tiene el siguiente insumo unitario:

Altura de elevación =	17,82	m
Insumo de energía =	0,0867	(KWh)/(m3)

Aplicando el método del valor presente neto para una tasa de descuento del capital del 10 %, se obtiene:

Alternativa	Tasa de Descuento %	Valor Presente Neto (\$)
Valor Presente Neto Alternativa I-C	10%	45.197.801,63

En el Cuadro N° 3 se encuentra desarrollada esta alternativa completa.

3.2.3. Alternativa II-C: Sin Colector Aliviador Sur

En esta alternativa (Cuadro N° 3), no se construye el colector aliviadero sur, lo que obliga a realizar una estación de bombeo de mayor envergadura en la cuenca del cementerio.

Para dimensionar la estación de bombeo del cementerio, se ha estimado el crecimiento de cada zona actualmente servida (Cuenca Ñapindá y Cuenca Cementerio) agregando a futuro toda los habitantes que irán a poblar la zona de Santa Catalina ubicada al sur de la ciudad (terrenos del ex ejército). En la Tabla 31 se presentan la cobertura esperada para esta alternativa y las cuentas por cada sector al final del período de diseño de las instalaciones.

Tabla 31: Determinación de la población servida por cuenca (Ñapindá, Cementerio y Santa Catalina) Alternativa II-C

Cuenca	Cuentas 2012	Población Servida 2012 (hab)	Cobertura Estimada 2012 (%)	Población Total 2012 (hab)	Población Total 2026 (hab)	Cobertura del Servicio (%)	Población Total Servida (hab)	Cuentas al 2026 (N°)
Cuenca Ñapindá	18.591	65.672	56%	117.943	165.120	90,0%	148.608	42.069
Cuenca Cementerio	59.384	209.771	90%	233.079	256.387	97,0%	248.695	70.403
Santa					48.582	53,1%	25.777	7.297

Catalina								
Total	77.975	275.443	78%	351.022	470.089	90,0%	423.080	119.770

La capacidad de bombeo que debería tener la estación de bombeo del cementerio, en caso de adoptar por la construcción del colector aliviadero sur, se encuentra establecido en la Tabla 32, y la potencia aproximada, en la Tabla 33.

Tabla 32: Caudales a bombear y potencia de equipamiento estimado para la estación de bombeo Cementerio

Cuenca	Alternativa I-C	% Cuenca	Caudal máximo horario total (L/s)	Caudal máximo Cuenca (L/s)	Diámetro Comercial (m)	Diámetro Impulsión (m)	Diámetro Impulsión (m)	Velocidad Impulsión (m/s)
Cementerio	Sin Colector	59%	1.645	967	1.000	1,000	0,924	1,49

Tabla 33: Potencia aproximada estación de bombeo Cementerio

Cuenca	Alternativa I-C	Longitud de Impulsión (m)	Pérdida de Energía (m)	Desnivel a Bombear (m)	Altura manométrica (m)	Potencia Bombas (HP)
Cementerio	Sin Colector	4021	6,77	6,92	13,69	330

En la Tabla 34 se encuentra el cómputo y presupuesto de la cañería de impulsión del cementerio. En la Tabla 35 se presenta el costo de la estación de bombeo para esta alternativa.

Tabla 34: Presupuesto Cañería de Impulsión Cementerio con Colector Aliviadero Sur (años 2013)

ITEM	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Cañería PRFV 710 mm y Accesorios	m	4.021	3.516	14.138.600
Excavación	m3	21.955	106	2.335.412
Relleno	m3	17.934	147	2.643.255
Reparación Calles de Tierra	m2	8.846	206	1.824.109
Total				20.941.376

Tabla 35: Costo Estación de Bombeo Cementerio (año 2013)

Potencia (HP)	COSTO UNITARIO (US\$/HP)	Costo Directo Total (US\$)	Costo Total + IVA (\$)
490	981	480.557	5.617.044

Se considera también el costo de reposición del 1 % para los activos Electromecánicos considerando que éstos representan el 50 % del costo total de las estaciones de bombeo.

Para calcular los costos operativos, es necesario determinar el insumo de energía eléctrica gastado anualmente para esta alternativa. Para esto en función de la altura manométrica de elevación y un rendimiento global de 0,56, se tiene el siguiente insumo unitario:

Altura de elevación =	13,69	m
Insumo de energía =	0,0666	(KWh)/(m3)

Aplicando el método del valor presente neto para una tasa de descuento del capital del 10 %, se obtiene:

Alternativa	Tasa de Descuento %	Valor Presente Neto (\$)
Valor Presente Neto Alternativa II-C	10%	26.193.316,45

En el Cuadro N° 3 se encuentra desarrollada esta alternativa completa.

3.2.4. Alternativa Económica – Financiera Seleccionada

En la Tabla 36 se presenta un cuadro resumen con las dos alternativas estudiadas, con la construcción del colector aliviadero sur o no construyéndolo. Se observa que la alternativa II-C resulta más económica para una tasa de capital del 10 %, es decir que no es conveniente construir el colector aliviadero sur.

**Tabla 36: Valor presente neto alternativas Técnicas Colector Aliviadero Sur
(tasa 10 %) (año 2013)**

Alternativa	Tasa de Descuento %	Valor Presente Neto (\$)
Valor Presente Neto Alternativa I-C	10%	45.197.802
Valor Presente Neto Alternativa II-C	10%	26.193.316

4. EVALUACIÓN AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS

4.1. INTRODUCCIÓN

Para la evaluación de las alternativas desde el punto de vista ambiental, se ha previsto una matriz de valor que permita compararlas. Esta evaluará con un puntaje de 0 a 1 el grado de afectación al ambiente. El valor “0” se refiere a la situación más desfavorable y el valor “1” a la más conveniente. La alternativa que sea más beneficiosa para el ambiente, será aquella que tenga un valor promedio mayor a las demás.

Se introducen aparte de temas estrictamente ambientales, aquellos operativos que al complicar los procesos y que pueden también afectar al medio ambiente.

Se aclara que estudio completo de impacto ambiental será realizado una vez definido el proyecto de construcción de los distintos componentes.

4.2. EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE PLANTAS DEPURADORAS

En la Tabla 37 se presenta la evaluación ambiental realizada para las distintas alternativas de plantas depuradoras. Se evaluaron las alternativas siguiendo el método de valuación establecido.

Se han evaluado los siguientes componentes para la evaluación de alternativas:

Ocupación del Espacio: Se ha previsto un valor ambiental, de acuerdo al grado de afectación del espacio que ocupa cada alternativa con respecto a las otras. En la zona se prevé a futuro lotear, por lo que mientras más terreno se ocupe, mayor serán las zonas a excluir para la construcción de las futuras viviendas.

Riesgo de Trabajo: El sistema de lechos percoladores obliga a los operadores a estar en mayor contacto con el líquido residual por tener que mantener limpios de manera permanente los orificios de descarga de los brazos regadores. Este contacto con el líquido puede provocarles enfermedades de origen hídrico. Esto incrementa además, la posibilidad de accidentes al tener que transportarse por sobre los brazos de los regadores para realizar las limpiezas. También se considera riesgoso por el contacto directo con el líquido residual que tendrán los operadores encargados de desbarrar las

lagunas de sedimentación de los tanques de aireación. En el caso de las zanjas y barros activados, los operadores tienen menor contacto directo en la zona de proceso con menores riesgos de accidentes.

Calidad del Efluente: Esto se refiere al sistema que tiene mayor confiabilidad en cuanto a la descarga orgánica y de sólidos sobre el río Paraná. Los sistemas de barros activados en general, tienen mejores rendimientos en remoción orgánica y de sólidos que los sistemas de lechos percoladores, siendo menos afectados por problemas operativos.

Puesta en funcionamiento después de las reparaciones: Este ítem se refiere a la velocidad que los sistemas entran en régimen una vez que comienzan a funcionar luego de estar parados por mantenimiento o reparaciones. Los sistemas de barros activados reaccionan con una mayor velocidad que los lechos percoladores.

Consumo de Energía Eléctrica: Se conoce que los sistemas que más consumen energía eléctrica son los más perjudiciales para el ambiente. En este caso el sistema de lagunas aireadas y zanjas de oxidación, son los que consumen mayor cantidad de energía eléctrica, seguido por los barros activados convencionales. Los filtros biológicos de mantos plásticos son los que menor cantidad de electricidad consumen.

Dificultades Tecnológicas Operativas de Mantenimiento: Los sistemas de barros activados, zanjas y Lagunas necesitan para su mantenimiento de un mayor conocimiento tecnológico por parte de los operadores que para el caso de los lechos percoladores. Además, presentan mayor dificultad para conseguir los repuestos necesarios de manera inmediata, situación que puede traer dificultades a la hora de tener que reparar las instalaciones, con mayores tiempos empleados para estas tareas. En cambio en los lechos percoladores los componentes mecánicos son más simples de reparar por parte de los operadores de planta.

Generación de Moscas e Insectos: El sistema de barros activados, zanjas y lagunas, evitan la proliferación de moscas típicas de los lechos percoladores, y por lo tanto representa la mejor opción para evitar la transmisión de enfermedades a través de este vector. De todos modos, los filtros percoladores plásticos presentan menor problema frente a los lechos de piedras en donde se necesita mayor atención para evitar la generación de moscas en el manto.

Desmante y movimiento de suelos: Evidentemente, las lagunas son las que afectan mayormente por ocupar 30 Ha frente a las 10 Ha de los demás sistemas de tratamiento. Además del desmante, exige una mayor alteración del paisaje al mover gran cantidad de suelo para la confección de las excavaciones y terraplenes de las lagunas.

Generación de Olores: Los sistemas aireados evitan la generación de olores, siendo mejor frente a los percoladores.

Tabla 37: Matriz de evaluación ambiental – Alternativa Plantas Depuradoras

Tipo	Alternativa I-PD: Tanques de Aireación	Alternativa II-PD: Zanjas de Oxidación	Alternativa III-PD: Lechos Percoladores	Alternativa IV-PD: Lagunas Aireadas
Ocupación del espacio	0,80	0,80	0,80	0,00
Riesgo de Trabajo (salud por contacto líquido y riesgos de accidentes)	0,90	0,90	0,70	0,60
Calidad del Efluente	1,00	1,00	0,80	0,90
Puesta en Funcionamiento después de reparaciones	1,00	1,00	0,80	1,00
Consumo de Energía Eléctrica	0,30	0,10	0,80	0,00
Dificultades operativas de mantenimiento	0,50	0,70	0,90	0,60
Generación de Moscas e Insectos	1,00	1,00	0,80	1,00
Desmonte y movimiento de suelos	0,50	0,50	0,50	0,00
Generación de Olores	0,90	1,00	0,80	0,90
Indice Ambiental	0,77	0,78	0,77	0,56

De la Tabla 37 se desprende que las alternativas de barros activados, zanja de oxidación y lechos percoladores son mejores ambientalmente que las lagunas aireadas. La diferencia entre las tres primeras alternativas es muy pequeña, por lo que cualquiera afecta de igual manera al ambiente.

4.3. EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS DIGESTIÓN DE BARROS

Al igual que en el numeral anterior, se considera una matriz ambiental para determinar cuál de las dos alternativas técnicas afecta de menor manera al ambiente. La primera considera la construcción de digestores anaeróbicos para la estabilización del barro del proceso, y la segunda, la ejecución de digestores aeróbicos.

La matriz de evaluación ambiental (Tabla 38) demuestra que las dos alternativas afectan prácticamente de igual manera al medio ambiente, aunque el gran consumo de energía eléctrica de la alternativa de digestores aeróbicos lo hace más indeseable desde el punto de vista ambiental.

Tabla 38: Matriz de evaluación ambiental – Alternativas Digestión de Barro

Tipo	Alternativa-B: Digestión Anaeróbica	Alternativa-B: Digestión Aeróbica
Generación de Olores	0,40	0,80
Cantidad de Barro Generado en el Proceso	1,00	0,80
Consumo de energía Eléctrica	1,00	0,20
Carga Orgánica Sobrenadante	0,50	0,90
Dificultad Operativa	0,80	1,00
Indice Ambiental	0,74	0,74

Se han evaluado los siguientes componentes para la evaluación de alternativas:

Generación de olores: Los digestores aeróbicos por ser aireados provocan menores olores que los anaeróbicos en donde aunque se queme el gas del proceso, puede generar olor por escape del mismo a la atmósfera, por fallas en los quemadores o activación de algún mecanismo de seguridad que libere gas a la atmósfera.

Cantidad de Barro Generado en el Proceso: la digestión anaeróbica reduce los SSV en un 50 %, mientras que la aeróbica en un 40 %. Esto provoca menor cantidad de barro generado en los procesos de digestión anaeróbica, lo que incrementa el riesgo de manipuleo del mismo.

Consumo de energía eléctrica: los procesos anaeróbicos entregan energía generando gas, mientras que los aeróbicos necesitan gastar más energía eléctrica para el proceso. Mayor cantidad de energía eléctrica implica mayor perjuicio para el ambiente al tener que quemar recursos naturales para generarla.

Carga orgánica del sobrenadante: el líquido retornado de los digestores al ingreso de planta, constituye el sobrenadante del proceso, el cual en digestores aeróbicos alcanza valores 100 mg/L y en los anaeróbicos entre 500 y 1000 mg/L. De realizar una descarga puntual muy caudalosa y elevada podrían desequilibrar el tratamiento y empeorar el efluente del sistema.

Dificultad operativa del proceso: los digestores anaeróbicos presentan mayor dificultad en el proceso necesitando mayor atención en general.

4.4. EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS COLECTOR ALIVIADERO SUR

Al igual que en los numerales anteriores, se considera una matriz ambiental para determinar cuál de las dos alternativas técnicas afecta de menor manera al ambiente. La primera considera la construcción del aliviadero Sur, y la segunda, la no ejecución del mismo.

La matriz de evaluación ambiental (Tabla 39) demuestra que la alternativa que afecta en menor medida al ambiente, es la segunda, es decir, no construir el colector aliviadero sur.

Tabla 39: Matriz de evaluación ambiental – Alternativa Colector Aliviadero Sur

Tipo	Alternativa-C: Con Colector	Alternativa-C: Sin Colector
Consumo de Energía Eléctrica	1,00	0,50
Ocupación del Espacio	0,90	0,70
Riesgo Operarios Construcción Colector Aliviadero	0,00	1,00
Interrupción del Tránsito	0,00	1,00
Afectación a terceros	0,00	1,00
Generación de Ruidos	1,00	0,90
Riesgo de Descargas Directas Sobre el Paraná por fallas instalaciones	0,90	0,70
Indice Ambiental	0,54	0,83

Se han evaluado los siguientes componentes para la evaluación de alternativas:

Consumo de energía eléctrica: En ambas alternativas se consumirá energía eléctrica, aunque con la construcción del colector se minimiza la cantidad de energía a utilizar.

Ocupación del Espacio: El espacio que ocupará la estación de bombeo del cementerio, será de mayor tamaño en el caso que no se construya el colector aliviadero sur.

Riesgo Operarios Construcción Colector Aliviadero Sur: El colector al requerir una gran excavación (8,50 m promedio) hace que el riesgo de derrumbe de la zanja sea posible, lo que pone en riesgo a la integridad física de los trabajadores.

Interrupción Tránsito: Sin duda la construcción del colector afectará al tránsito, de manera temporaria durante la ejecución de las obras, y a futuro, durante el mantenimiento del colector.

Afectación a terceros: La construcción del colector puede aparejar derrumbe de viviendas, rotura de infraestructura urbana y accidentes con vehículos y peatones.

Generación de Ruidos: En ambos casos existirán ruidos emitidos por la estación elevadora del cementerio. Mientras mayor potencia tenga el equipamiento a instalar, mayor será el ruido al ambiente.

Riesgo de Descargas Directas sobre el Paraná por fallas de las instalaciones: En ambos casos existirá un riesgo de descargar sobre el río Paraná por fallas en el suministro eléctrico (red o grupo electrógeno), aunque será mayor mientras mayor sea la estación del cementerio.

5. CONCLUSIONES FINALES

5.1. PLANTAS DEPURADORAS

Para la planta de tratamiento, la alternativa que mejor ajusta desde el punto de vista económico Financiero y Ambiental es la construcción de lechos percoladores plásticos con digestión anaeróbica de barros.

5.2. DIGESTIÓN DE BARROS

De la evaluación técnica y ambiental surge como más conveniente ejecutar digestión anaeróbica de barros, y no la digestión aeróbica por los elevados costos operativos con una mayor afectación al ambiente, fundamentalmente por el consumo de energía eléctrica en el proceso.

5.3. COLECTOR ALIVIADERO SUR

De la evaluación de las dos alternativas desde el punto de vista técnico y ambiental, surge como más conveniente no ejecutar el colector aliviadero sur, y en su reemplazo, ampliar la capacidad de bombeo de la estación de bombeo del cementerio.

6. REPRESENTACIÓN GRÁFICA ALCANCE DEL PROYECTO

Se anexa un plano general indicando la posición de las estaciones de bombeo de Napindá y Cementerio, con sus cañerías de impulsión, el futuro colector Santa Catalina y la posición aproximada de la planta depuradora de la ciudad de Corrientes.

La ubicación final de la estación de bombeo del cementerio, surgirá cuando se desarrolle el proyecto definitivo.

Además, se anexa plano indicando los diagramas de flujos para las distintas alternativas técnicas, con los caudales y concentraciones y cargas orgánicas afluentes y efluentes de las distintas variantes de plantas analizadas. También se presenta una planimetría preliminar indicando los distintos componentes de la alternativa de lechos percoladores seleccionada.

7. ANEXO I: ANÁLISIS DE PRECIOS

7.1. INTRODUCCIÓN

Se anexan los análisis de precios de los principales componentes para las obras civiles de las distintas alternativas. Estos análisis se han hecho, como se mencionara en el presente capítulo, con los costos del año 2013. Para determinar el costo del equipamiento electromecánico, se ha solicitado precios a proveedores de equipos, complementado con análisis de precios de obras similares. El coeficiente de pase para la siguiente obra, ha sido determinado de acuerdo al siguiente análisis:

COSTO DIRECTO (CD)	1,000
GASTOS GENERALES (GG)	0,150
GASTOS INDIRECTOS (GI)	0,050
<i>SUBTOTAL 1: $CD*(1+GG+GI)$</i>	1,200
GASTOS FINANCIEROS GENERALES (GFG)	0,030
	0,050
<i>SUBTOTAL 2: $SUB\ 1*(1 + GFG + GFI)$</i>	1,296
BENEFICIOS (B)	0,100
<i>SUBTOTAL 3: $SUBT\ 2*(1+B)$</i>	1,426
COSTOS IMPOSITIVOS	
Impuesto al Valor Agregado (I.V.A.)	0,210
<i>SUBTOTAL 4: $SUBT\ 3*(1 + IVA)$</i>	1,725
OTROS IMPUESTOS (IMP)	
Ley de Sellos y Ley de Cheque	0,017
Ingresos Brutos	0,021
Comercio e Industria	0,006
<i>SUBTOTAL 5: $LS+LCH+IB+CEI$</i>	0,044
COEFICIENTE DE PASE: $SUBT\ 4*(1 + SUBT\ 5)$	1,800
Dólar / Peso	5,6

La mano de obra obtenida de los últimos datos de la UOCRA, se encuentra establecido en el siguiente cuadro.

UOCRA - TABLA ZONA "A" Septiembre de 2013		
Categorías	Salario Básico Por Hora (\$)	Salario Total (\$)
Oficial Especializado	32,30	70,41
Oficial	27,51	59,97
Medio Oficial	25,35	55,26
Ayudante	23,28	50,75

7.2. HORMIGÓN

HORMIGÓN ARMADO H-21

Unidad: m3

Item	Designación	Unidad	Cantidad	Precio Unitario		Precio total	
1 -MATERIALES							
1	Hormigón elaborado	m3	1,00	675,00	\$/m3	675,00	\$/m3
2	Hierro	kg/m3	120,00	8,00	\$/kg	960,00	\$/m3
3	Madera p/ encofrados	m2/m3	6,033	54,25	\$/m2	327,31	\$/m3
4	Tirantería p/ encofrados	m2/m3	1,756	54,25	\$/Gl	95,26	\$/m3
5	Varios	Gl/m3	1,000	50,00	\$/Gl	50,00	\$/m3
SUBTOTAL 1						2.107,58	\$/m3
2 - MANO DE OBRA							
1	Oficial	Hs/m3	20,00	59,97	\$/hs	1.199,44	\$/m3
2	Ayudante	Hs/m3	15,00	55,26	\$/hs	828,95	\$/m3
SUBTOTAL 2						2.028,38	\$/m3
3 - EQUIPOS							
1	Vibradores	hs/m3	1,000	1,56	\$/hs	1,56	\$/m3
2	Herramientas menores	hs/m3	1,000	4,05	\$/hs	4,05	\$/m3
3	Varios	Gl	1,000	20,00	\$/m3	20,00	\$/m3
4	Servivio de bombeado	m3	1,000	35,00	\$/m3	35,00	\$/m3
SUBTOTAL 3						60,60	\$/m3
Costo directo (1) + (2) + (3)						4.196,56	\$/m3
Coeficiente de Pase						1,80	
COSTO UNITARIO ITEM						7.555,02	\$/m3

HORMIGÓN DE LIMPIEZA H-10Unidad: **m3**

Item	Designacion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Unidad	Precio total	Unidad
1 -MATERIALES							
1	Hormigón elaborado H-10	m3	1,05	640,00	\$/m3	672,00	\$/m3
2	Varios	Gl/m3	1,000	50,00	\$/Gl	50,00	\$/m3
SUBTOTAL 1						722,00	\$/m3
2 - MANO DE OBRA							
1	Oficial	Hs/m3	1,00	59,97	\$/hs	59,97	\$/m3
2	Ayudante	Hs/m3	2,00	55,26	\$/hs	110,53	\$/m3
SUBTOTAL 2						170,50	\$/m3
3 - EQUIPOS							
1	Vibradores	hs/m3	1,000	1,56	\$/hs	1,56	\$/m3
2	Herramientas menores	hs/m3	1,000	4,05	\$/hs	4,05	\$/m3
3	Varios	Gl	1,000	20,00	\$/m3	20,00	\$/m3
4	Servivio de bombeado	m3	1,000	35,00	\$/m3	35,00	\$/m3
SUBTOTAL 3						60,60	\$/m3
Costo directo (1) + (2) + (3)						953,10	\$/m3
Coeficiente de Pase						1,80	
PRECIO TOTAL UNITARIO DEL ITEM						1.715,86	\$/m3

7.3. BOCAS DE REGISTRO**Bocas de Registro (por Unidad)**

Item	Designacion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total (\$/m3)
1 -MATERIALES					
1	Hormigón H-17	m3	1,02	1.809,93	1.850,03
2	Hormigón de Limpieza H-10	m3	0,154	722,00	111,14
3	Tapas	Nº	1,00	1.041,60	1.041,60
4	Cojinetes	m3	0,34	667,55	229,73
SUBTOTAL 1					3.232,51
2 - MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs/u		70,41	0,00
2	Oficial	Hs/u	24,00	59,97	1.439,32
3	Ayudante	Hs/u	24,00	55,26	1.326,31
SUBTOTAL 2					2.765,64
3 - EQUIPOS					
	Varios				599,81
SUBTOTAL 3					599,81
Costo directo (1) + (2) + (3)					6.597,96
Coeficiente de Pase					1,80
COSTO UNITARIO ITEM					11.878,24

7.4. EXCAVACIÓN PLANTA**EXCAVACIÓN Y RELLENO PLANTA con MAQUINA**

Item	Designacion	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
1 -MATERIALES				
2 - MANO DE OBRA				
1	Oficial especializado		70,41	0,00
2	Oficial	0,167	59,97	10,00
3	Ayudante			
				10,00
3 - EQUIPOS				
1	Retroexcavadora	0,167	248,96	41,49
2	Camión	0,167	386,80	64,47
				105,96
Costo directo (1) + (2) + (3)				115,96
Coeficiente de Pase				1,80
Costo Unitario Excavación				208,75
Costo Relleno por m3 de excavación				24,037
Costo Total de relleno más Exc.				232,79

Relleno

Item	Designacion	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
1 -MATERIALES				
2 - MANO DE OBRA				
1	Oficial especializado		70,41	0,00
2	Oficial	0,167	59,97	10,00
3	Ayudante	1,000	50,75	50,75
				60,75
3 - EQUIPOS				
1	Vibrocompactador	0,167	76,20	12,72
				12,72
Costo directo (1) + (2) + (3)				66,76
Coeficiente de Pase				1,80
Costo Unitario Excavación				120,19

7.5. BARANDAS DE SEGURIDAD

BARANDAS DE SEGURIDAD

1 -MATERIALES		Cantidad	CU	CT
1	Caño Ø1,5"	2,93	14,75	43,25
2	Pintura poliuretánica y Antióxido	0,35	106,36	37,34
3	Varios			24,18
	SUBTOTAL 1			104,78
2 - MANO DE OBRA				
1	Oficial especializado	2,02	70,41	142,33
2	Oficial	0,00	59,97	0,00
3	Ayudante	1,60	50,75	81,20
	SUBTOTAL 2			223,53
3 - EQUIPOS				
1	Lote de herramientas menores	1	0,50	0,50
2	Equipo soldadura eléctrica	1	6,25	6,25
	SUBTOTAL 3			6,75
Costo directo (1) + (2) + (3)				335,06
Coeficiente de Pase				1,80
COSTO UNITARIO ITEM				603,20

7.6. TERRAPLENES LAGUNAS

Terraplén y Compactación Fondo Lagunas

Item	Designacion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total (\$/m3)
1 -MATERIALES					
1	General	Gl/m3			20,35
	Subtotal 1				20,35
2 - MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs/m3	0,100	70,41	7,04
2	Oficial	Hs/m3	0,300	59,97	17,99
3	Ayudante	Hs/m3	0,300	55,26	16,58
	Subtotal 2				41,61
3 - EQUIPOS					
1	Terraplemaniento	Gl/m3			10,20
Costo directo (1) + (2) + (3)					72,16
Coeficiente de Pase					1,80
Costo Unitario Terraplenes					129,92

7.7. EXCAVACIÓN DE LAGUNAS**EXCAVACIÓN PLANTA**

Item	Designacion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
1 -MATERIALES					
	Subtotal 1				5,30
2 - MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs/m3	0,100	70,41	7,04
2	Oficial	Hs/m3	0,300	59,97	17,99
3	Ayudante	Hs/m3	0,300	55,26	16,58
	Subtotal 2				41,61
3 - EQUIPOS					
1	Excav. Con Pala de Arrastre	Gl/m3			11,40
Costo directo (1) + (2) + (3)					58,31
Coeficiente de Pase					1,80
Costo Unitario Excavación					104,98

7.8. MEMBRANAS LAGUNAS**Costo de Membranas Lagunas (por m2)**

ITEM	US\$/m2	\$/m2
COSTO DIRECTO		
TOTAL incluye insertos, varillas de Soldadura, mano de obra, Asesoramiento, etc	4,56	29,40
Coef de Pase		1,80
COSTO TOTAL		52,92

7.9. VEREDAS PERIMETRALES PLANTAS DE TRATAMIENTO**VEREDAS**

Item	Designacion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
1 -MATERIALES					
1	Cemento	Kg	2,00	1,08	2,15
	Cal	Kg	3,00	1,29	3,88
	Arena Gruesa	m3	0,02	136,95	2,60
	Arena Fina	m3	0,01	230,79	1,38
	Losetas 0,50*0,50	m2	1,00	68,80	68,80
	Otros				7,88
	SUBTOTAL 1				86,70
2 - MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs/m2	0,70	70,41	49,29
2	Oficial	Hs/m2		59,97	0,00
3	Ayudante	Hs/m2	0,70	55,26	38,68
	SUBTOTAL 2				87,97
3 - EQUIPOS					
2	Amortización Varios				8,73
	SUBTOTAL 3				8,73
Costo directo (1) + (2) + (3)					183,40
Coeficiente de Pase					1,80
COSTO UNITARIO ITEM					330,18

CONTRAPISOS

Item	Designacion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
1 - MATERIALES					
1	Cemento	Kg	4,00	1,08	4,31
	Cal	Kg	5,00	1,29	6,46
	Arena Gruesa	m3	0,05	136,95	6,85
	Cascotes	m3	0,07	85,00	5,95
	SUBTOTAL 1				23,56
2 - MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs/m2	1,00	70,41	70,41
2	Oficial	Hs/m2		59,97	0,00
3	Ayudante	Hs/m2	1,00	55,26	55,26
4					
	SUBTOTAL 2				125,68
3 - EQUIPOS					
2	Amortización Varios				7,46
	SUBTOTAL 3				7,46
Costo directo (1) + (2) + (3)					156,70
Coeficiente de Pase					1,80
COSTO UNITARIO ITEM					282,11
COSTO TOTAL VEREDAS					612,29

7.10. ALAMBRADO PERIMETRAL OLÍMPICO PLANTAS**CERCO PERIMETRAL Y PORTON DE ACCESO EB**

Item	Designacion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total (\$/m)
1 - MATERIALES					
1	Materiales Cerco Olímpico 2,30 m de altura	Gl/ml	1,00	66,61	66,61
2	Muro H°S° 0,30 * 0,15	m3/ml	0,05	1.107,51	49,84
3	Varios	Gl/ml	1,00	3,49	3,49
4	Portón y Puerta Planta	Gl	1,00	3,92	3,92
	SUBTOTAL 1				123,86
2 - MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs/ml	0,00	0,00	0,00
2	Oficial	Hs/ml	1,00	70,41	70,41
3	Ayudante	Hs/ml	1,00	59,97	59,97
	SUBTOTAL 2				130,39
3 - EQUIPOS					
	Varios	Gl	1,000	12,39	12,39
	SUBTOTAL 3				12,39
Costo directo (1) + (2) + (3)					266,64
Coeficiente de Pase					1,80
COSTO UNITARIO ITEM					480,02

7.11. SISTEMA DE EXTRACCIÓN BARROS LAGUNAS

Item	Designacion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total (\$/U)
	Sistema de Extracción de barro				
1	Balsa	Gl	4	75.000	300.000
2	Bomba 3 HP y accesorios	Nº	5	11.435	57.173
3	Accesorios (cableados, sistema de anclaje, etc)				35.717
	TOTAL EQUIPAMIENTO EXTRACCIÓN DE BARRO				392.890

7.12. LIMPIEZA Y NIVELACIÓN DEL TERRENO

Lugar	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$/m2)	Costo Limpieza (\$)	Coeficiente de Pase	Costo Total (\$)
Plantas	m2	84.739,89	24,72	2.094.770,05	1,80	3.771.194,52
Lagunas	m2	378.624,00	24,72	9.359.585,28	1,80	16.849.971,98

7.13. CAÑERÍA COLECTOR ALIVIADERO SUR**CAÑERÍA PRFV 1000 mm (por m3)**

Item	Designacion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total (\$/m3)
1 -MATERIALES					
1	Cañería PRFV diam. 1000 mm	ml	1,00	2.107,71	2.107,71
2	Varios prueba hidraulica	ml	1,00	4,52	4,52
3	Accesorios (5%)	Gl	1,000	105,39	105,39
	SUBTOTAL 1				2.217,61
2 - MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs/ml	1,20	70,41	84,50
2	Oficial	Hs/ml	0,00	59,97	0,00
3	Ayudante	Hs/ml	1,20	50,75	60,90
	SUBTOTAL 2				145,40
3 - EQUIPOS					
1	Hidrogrua	Hs/ml	1,20	256,32	307,58
2	Camion mixer	Hs/ml	0,36	242,89	87,44
	SUBTOTAL 3				395,03
Costo directo (1) + (2) + (3)					2.758,03
Coeficiente de Pase					1,70
Costo Total					4.688,66

7.14. CAÑERÍAS DE IMPULSIÓN

Con el análisis de precios de distintos diámetros de las tuberías de impulsión de clase 6, se establece una curva de costos que obedece a la siguiente ecuación:

$$\text{Costo unitario cañería (\$/m)} = 0,0057 \cdot D^2 - 1,9944 \cdot D + 694,15$$

D = diámetro de la cañería (mm)

CAÑERIA PEAD 400 mm

Item	Designacion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
1 -MATERIALES					
1	Cañeria PEAD diam. 400 mm	ml	1,00	343,73	343,73
2	Varios prueba hidraulica	Gl	1,00	0,50	0,50
3	Accesorios (5%)	Gl	1,000	17,19	17,19
4	Anclaje Hormigón (3,5%)	Gl	1,00	12,03	12,03
5	Otros	Gl			18,67
	SUBTOTAL 1				392,12
2 - MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs/ml	0,11	70,41	8,05
2	Oficial	Hs/ml	0,00	59,97	0,00
3	Ayudante	Hs/ml	0,11	55,26	6,32
	SUBTOTAL 2				14,36
3 - EQUIPOS					
1	Hidrogrua	Hs/ml	0,11	289,68	33,11
2	Camion mixer	Hs/ml	0,03	267,18	9,16
	SUBTOTAL 3				42,27
Costo directo (1) + (2) + (3)					448,75
Coeficiente de Pase					1,80
Costo Total					807,88

CAÑERÍA PEAD 710 mm

Item	Designacion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
1 - MATERIALES					
1	Cañería PEAD diam. 710 mm	ml	1,00	1.026,14	1.026,14
2	Varios prueba hidraulica	Gl	1,00	1,54	1,54
	Accesorios (5%)	Gl	1,000	51,31	51,31
	Anclaje Hormigón (3,5%)	Gl	1,00	35,91	35,91
	Otros	Gl			55,74
	SUBTOTAL 1				1.114,90
2 - MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs/ml	0,16	70,41	11,27
2	Oficial	Hs/ml	0,00	59,97	0,00
3	Ayudante	Hs/ml	0,16	55,26	8,84
					20,11
	SUBTOTAL 2				
3 - EQUIPOS					
1	Hidrogrua	Hs/ml	0,16	289,68	46,35
2	Camion mixer	Hs/ml	0,05	267,18	12,82
	SUBTOTAL 3				59,17
Costo directo (1) + (2) + (3)					1.194,18
Coeficiente de Pase					1,80
Costo Total					2.149,87

CAÑERÍA HºDº 1200 mm C-6

Item	Designacion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
1 - MATERIALES					
1	Cañería PEAD diam. 1200 mm	ml	1,00	5.919,20	5.919,20
2	Varios prueba hidraulica	Gl	1,00	4,52	4,52
	Accesorios (5%)	Gl	1,000	295,96	295,96
	Anclaje Hormigón (1%)	Gl	1,00	59,19	59,19
	SUBTOTAL 1				6.278,88
2 - MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs/ml	0,27	70,41	19,31
2	Oficial	Hs/ml	0,00	59,97	0,00
3	Ayudante	Hs/ml	0,27	55,26	15,16
	SUBTOTAL 2				34,47
3 - EQUIPOS					
1	Hidrogrua	Hs/ml	0,27	289,68	79,46
2	Camion mixer	Hs/ml	0,08	267,18	21,99
	SUBTOTAL 3				101,44
Costo directo (1) + (2) + (3)					6.414,79
Coeficiente de Pase					1,80
Costo Total					11.548,48

7.15. EXCAVACIÓN DE CAÑERÍAS**EXCAVACIÓN SUELO NORMAL**

Item	Designacion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario		Precio total	
1 - MATERIALES							
					PARCIAL (1)		\$/m3
2 - MANO DE OBRA							
1	Oficial	Hs/m3	0,28	70,41	\$/hs	19,56	\$/m3
2	Ayudante	Hs/m3	0,28	50,75	\$/hs	14,10	\$/m3
					PARCIAL (2)	33,66	\$/m3
3 - EQUIPOS							
1	Retroexcavodra	Hs/m3	0,040	248,96	\$/hs	9,96	\$/m3
2	Camion con volquete	Hs/m3	0,040	386,80	\$/hs	15,47	\$/m3
					PARCIAL (3)	25,43	\$/m3
Costo directo (1) + (2) + (3)						59,09	\$/m3
Coeficiente de Pase						1,80	
PRECIO TOTAL UNITARIO DEL ITEM						106,37	\$/m3

7.16. RELLENO DE CAÑERÍAS**RELLENOS**

Item	Designacion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total (\$/m3)
1 -MATERIALES					
1	Arena: relleno caño suelo seleccionado	m3	1,12	30,00	33,57
	Subtotal 1				33,57
2 - MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs/m3		70,41	0,00
2	Oficial	Hs/m3	0,05	59,97	3,00
3	Ayudante	Hs/m3	0,25	50,75	12,69
	Subtotal 2				15,69
3 - EQUIPOS					
1	Cargadora frontal	Hs/m3	0,03	467,19	14,02
2	Camion con volquete	Hs/m3	0,02	242,89	4,86
3	Vibroapisonador	Hs/m3	0,25	54,96	13,74
	Subtotal 3				32,61
Costo directo (1) + (2) + (3)					81,87
Coeficiente de Pase					1,80
					147,39

8. ANEXO II: CUADRO Nº 1: EVALUACIÓN ECONÓMICA – FINANCIERA PLANTAS DEPURADORAS

CUADRO N°1

Evaluación Alternativas Técnicas Digestión de Barros																									
		-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
2	Año																								
3	Caudal medio anual	(m³/año)	-	-	21.598.080	21.970.774	22.343.458	22.716.162	23.088.856	23.461.549	23.834.243	24.206.937	24.579.631	24.952.325	25.325.019	25.697.713	26.360.877	26.892.116	27.432.414	27.983.766	28.544.538	29.114.879	29.694.938	30.284.870	30.884.829
4	Alternativa I.B. Digestores Anaeróbicos																								
5	Inversiones Diferenciales Alternativa I Barros																								
6	Costo de Construcción Digestores Primarios	(\$/año)	11.841.361	11.841.361	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	Costo de Construcción Digestores Secundarios	(\$/año)	2.725.371	2.725.371	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	Costo de Reparación Activos Electromecánicos	(\$/año)	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	
9	Inversiones Diferenciales Digestor Anaeróbico	(\$/año)	14.566.732	14.566.732	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	40.783	
10	Mantenimiento Corriente de las instalaciones	(\$/año)	-	-	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	
11	Costos Operativos Diferenciales	(\$/año)	-	-	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	71.048	
12	Costo Total Alternativa I.B. Digestor Anaeróbico	(\$/año)	14.566.732	14.566.732	111.832	111.832	111.832	111.832	111.832	111.832	111.832	111.832	111.832	111.832	111.832	111.832	111.832	111.832	111.832	111.832	111.832	111.832	111.832	111.832	
13																									
14	Valor Presente Neto Alternativa I.B.	%		10%	26.580.441																				
15																									
16	Alternativa II Barros: Digestores Aeróbicos																								
17	Inversiones Diferenciales Alternativa II. Barros																								
18	Costo de Construcción Digestores Aeróbicos	(\$/año)	10.966.125	10.966.125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19	Costo de Reparación Activos Electromecánicos	(\$/año)	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	
20	Inversiones Diferenciales Digestor Aeróbico	(\$/año)	10.966.125	10.966.125	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	185.328	
21	Ingreso de energía eléctrica Anodores	(KWh/año)	-	-	1.589.619	1.617.049	1.644.479	1.671.910	1.699.340	1.726.770	1.754.200	1.781.631	1.809.061	1.836.491	1.863.921	1.901.718	1.940.161	1.979.260	2.019.028	2.059.055	2.100.878	2.142.855	2.185.547	2.228.966	2.273.123
22	Costo de energía Eléctrica	(\$/año)	-	-	577.032	580.989	596.945	606.903	616.860	626.818	636.775	646.732	656.689	666.646	676.603	692.324	704.278	718.471	732.908	747.637	762.819	777.858	793.354	809.115	825.144
23	Mantenimiento Corriente de las Instalaciones	(\$/año)	-	-	65.707	65.707	65.707	65.707	65.707	65.707	65.707	65.707	65.707	65.707	65.707	65.707	65.707	65.707	65.707	65.707	65.707	65.707	65.707	65.707	
24	Costos Operativos Diferenciales	(\$/año)	-	-	642.828	652.786	662.743	672.700	682.657	692.614	702.571	712.528	722.486	732.443	742.400	768.120	770.075	784.268	796.703	813.433	828.415	843.653	859.150	874.912	890.941
25	Costo Total Alternativa II.B. Digestor Aeróbico	(\$/año)	10.966.125	10.966.125	828.156	838.114	848.071	858.028	867.985	877.942	887.899	897.857	907.814	917.771	927.728	941.448	955.403	969.596	984.031	998.761	1.013.743	1.028.981	1.044.478	1.060.240	1.076.289
26																									
27	Valor Presente Neto Alternativa II.B.	%		10%	25.468.980																				

9. ANEXO III: CUADRO N° 2: EVALUACIÓN ECONÓMICA – FINANCIERA ESTABILIZACIÓN DE BARROS

10. ANEXO IV: CUADRO Nº 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA – FINANCIERA – COLECTOR ALIVIADERO SUR

CUADRO N°3

[illegible]

11. ANEXO V. PLANOS