



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL CONCORDIA

“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA SU
APLICACIÓN EN PLANTAS ELABORADORAS DE HORMIGÓN”

P R O Y E C T O F I N A L

TIPO: Proyecto Técnico, Económico y Ambiental.

PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Caballero Cristian Gonzalo

TUTORES:

Prof. Jorge Daniel Sota

CO – TUTORES:

Ing. Alberto José Palacio

Ing. José María Maffeis

PROFESOR TITULAR DE CÁTEDRA:

Ing. Fabián A. Avid

AUXILIAR DE CÁTEDRA:

Ing. Leonardo Voscoboinik

Concordia Entre Ríos, Argentina.

~ 14 de julio, año 2022 ~

Copyright © 2022 por Cristian Gonzalo Caballero. Todos los derechos reservados.



Esta obra está bajo una licencia Creative-Commons.

Atribución - No comercial – Sin derivadas 4.0 internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

Declaración de autenticidad

Cristian Gonzalo Caballero, Legajo N.º 2127, estudiante de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concordia, como autor de este documento académico, titulado: *“Propuesta de un sistema de tratamiento de agua residual para su aplicación en plantas elaboradoras de hormigón”* y presentado como trabajo de fin de carrera, para la obtención del título correspondiente de ingeniero civil, declaro que es fruto de mi trabajo personal, que no copio, que no utilizo ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier obra, artículo, memoria, etc., (en versión impresa o electrónica), sin mencionar de forma clara y estricta su origen, tanto en el cuerpo del texto como en la bibliografía.

Así mismo, soy plenamente consciente de que el hecho de no respetar estos extremos es objeto de sanciones universitarias y/o de otro orden.

En la ciudad de Concordia, Entre Ríos, a los 14 días del mes de julio de 2022.

Dedicatoria

Este trabajo de fin de carrera, está dedicado a todas las personas que directa o indirectamente formaron parte de mi formación como profesional y crecimiento personal a lo largo de todos los años que precisé para alcanzar esta instancia.

A mis abuelos Ramón y Simona, mi madre y familia, por enseñarme a pensar libremente, a jugar y darme por entero, a servir alegremente, honestamente y sin miedos.

A Clara y familia, por su amor, energía y paciencia, que supo ser ese pilar antes las adversidades que han aparecido en este proceso y porque con su ejemplo, me enseñó que soñar, es realidad.

A mis tíos Federico y Marisa, y Lucre, por brindarme su hogar, su familia, porque nunca me faltó nada y por sobre todo enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A Jorgito, el Profesor Sota, mi mentor, mi amigo...por la confianza, el tiempo y sabiduría que me ha brindado durante todo este trabajo, por guiarme en lo académico y profesional, convertido en referente y ejemplo, que, gracias a su pasión por su trabajo, he adquirido la dedicación a esta vocación.

A mis amigos y colegas José, Beto, Willy, Máximo y Carmelo por las alegrías compartidas, por los consejos y por siempre brindarme la sinceridad de su amistad y el golpe de realidad cuando hizo falta.

A Enzo, por su amistad incondicional, en su memoria, por enseñarme el valor de la vida.

Y por último y no menos importante, aunque peque de egocéntrico, a mí mismo, por creer en mí, por hacer todo el trabajo duro, el sudor y las lágrimas, por nunca rendirme, por siempre dar más de lo que recibí, y así contribuir a un mundo más justo y más humano, por aprender de los errores, por siempre ser fiel a mí mismo y mis convicciones, aprendiendo a convertir en extraordinario las pequeñas cosas.

Agradecimientos

A la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, educación pública y gratuita. Gracias a todos los ciudadanos contribuyentes, que aportan para que la educación universitaria sea primordial, para alcanzar la excelencia de nuestra sociedad.

A la cátedra de Proyecto Final, Ing. A. Avid e Ing. L. Voscoiboinik, por permitirme la concreción del proyecto y la idea, por las correcciones y apoyo.

A toda la comunidad académica y tecnológica, profesores, bibliotecarias, maestranzas, laboratoristas y administrativos, por lo transmitido, compartido y enseñado.

Al Grupo GIICMA, por brindarme el espacio de investigación, aprendizaje y ser el motor para involucrarme en la investigación.

A la empresa Vecchio SRL por la colaboración brindada y la predisposición para la aplicación del proyecto.

Resumen

El presente trabajo final de carrera, expone parte de un proyecto de investigación aprobado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional, realizado en la Facultad Regional Concordia (Entre Ríos) por medio del Grupo de Investigación en Ingeniería, Materiales y Ambiente (G.I.I.C.M.A.), denominado “Uso de agua reciclada del lavado de camiones mixer: efecto en las propiedades del hormigón fresco y endurecido - Prototipo de sistema de recuperación”, (Código del Proyecto: ECECACD0008250), cuyo objetivo general pretende evaluar el efecto del uso de agua reciclada del lavado de camiones mixers en las propiedades de hormigones que contienen un reemplazo parcial y total de agua potable, a fin de establecer los beneficios de sustentabilidad mediante el empleo de este producto.

La parte que concierne a la presente tesis es la de proyectar el sistema de recuperación de agua residual en plantas elaboradoras de hormigón, mediante el cual se evaluarán las actuales acciones que realizan las diferentes empresas de la región en materia de tratamiento de sus residuos líquidos y sólidos. Para ello se observará su efectividad en cuanto a la utilización de sistemas de tratamiento y se lo comparará con una propuesta de mejora en infraestructura, evaluando la inversión necesaria para la implementación de la misma. Para su ejecución se realizará una búsqueda de antecedentes históricos tanto locales como a nivel internacional que permitirán definir el marco teórico, elemental para la elección de la metodología propicia de evaluación y análisis, ya sea de datos de producción y de toda información pertinente al sistema en particular como ser su demanda, la oferta, las diferentes alternativas aplicadas, las cantidades de residuos, detalles de diseño y estructuras, la accesibilidad de la industria a la tecnología de reciclaje y recuperación de agua e identificación de los principales factores intervinientes, entre otros. Estos datos permitirán caracterizar al sistema de tratamiento en sus aspectos económicos, ambientales e ingenieriles.

>> La gestión sustentable de la producción y el manejo de los residuos de la industria del hormigón elaborado, supone para la ingeniería civil un cambio de paradigma respecto a la idea convencional y tradicional de desarrollar dicho material atendiendo una determinada demanda. De esta forma con la revalorización de la idea respecto a lo que implica elaborar hormigón se plantea un nuevo escenario, en el cual deben ser pensadas las normativas y la estandarización de nuevos procesos de manufacturación, atendiendo al cuidado de las personas, el ambiente natural y a la existencia de nuevas tecnologías en materia de energía, generando de este modo una vinculación más estrecha entre los conceptos de “producción, materiales, construcción y sustentabilidad”, forjada en base a políticas de producción planteadas con un criterio ecológico y a largo plazo. <<

Palabras claves: Hormigón Sustentable; Tratamiento Agua Residual; Industria del Hormigón; Agua Reutilizada; Agua Reciclada; Ingeniería Civil; Sistema de Lavado y Recuperación

Índice general

Contenido

Índice de tablas	VIII
Índice de figuras	IX
Índice de gráficas.....	X
Capítulo I.....	1
Marco Teórico	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes.	3
1.3. Objetivos.	12
1.4. Fundamentación Teórica.	13
Capítulo II.....	57
Parte Experimental	57
2.1. Ubicación del proyecto.....	57
2.2. Metodología y datos experimentales.	59
2.3. Pruebas de tratabilidad y/o filtrado del agua residual.	71
2.4. Reutilización del agua reciclada en la elaboración de hormigón.....	73
Capítulo III	84
Diseño y dimensionamiento	84
3.1. Diseño hidráulico.....	84
3.2. Diseño estructural.....	88
Capítulo IV	103
Cómputo y presupuesto	103
4.1. Cómputo métrico.....	103
4.2. Costo de materiales.....	116
4.3. Costo de mano de obra.	117
4.4. Costos de equipos y maquinaria.	119
4.5. Gastos generales.	127
4.6. Coeficiente de resumen.	129
4.7. Presupuesto.....	130
Capítulo V	131
Plan de trabajo	131
5.1. Estimación de días efectivos de trabajo.....	132
5.2. Programa de avance físico mensual de obra.....	137
5.3. Curva de avance físico.....	138
5.4. Afección de mano de obra mensual.....	139

5.5.	Diagrama de Gantt en meses	140
5.6.	Camino crítico	141
Capítulo VI		142
Estudio de impacto		142
6.1.	Introducción.....	142
6.2.	Objetivos del procedimiento de E.I.A. del proyecto.....	144
6.3.	Marco regulatorio.....	144
6.4.	Metodología de análisis.....	145
6.5.	Conclusiones.....	162
Capítulo VII.....		165
Análisis económico y financiero.....		165
7.1.	Estudio de mercado - Análisis de la demanda.....	165
7.2.	Inversión inicial.....	183
7.3.	Financiamiento.....	183
7.4.	Recupero de la inversión.....	184
7.5.	Capital de Trabajo.....	185
7.6.	Amortizaciones y depreciaciones.....	185
7.7.	Gastos de comercialización y administración.....	186
7.8.	Impuestos.....	186
7.9.	Flujo de fondos.....	186
7.10.	Rentabilidad del proyecto.....	188
7.11.	Idea – Necesidad.....	191
7.12.	Visión – Misión.....	191
7.13.	Análisis PEST.....	192
7.14.	Análisis FODA.....	193
7.15.	Riesgos del mercado.....	195
7.16.	Plan de marketing.....	195
Capítulo VIII		198
Conclusiones.....		198
Anexo I – Detalle de cálculo		200
Anexo II – Matrices.....		201
Anexo III – Planos.....		202
Bibliografía.....		203

Índice de tablas

Tabla 1. Densidad de población por departamentos provincia de Entre Ríos. CENSO 2010 INDEC.	7
Tabla 2. Clasificación de efluentes industriales según clase de vertido.	14
Tabla 3. Escala de intensidades de olor.	17
Tabla 4. Grados de Alcalinidad.	20
Tabla 5. Grado de dureza.	21
Tabla 6. Requisitos químicos del agua de mezclado y curado (norma IRAM 1601).	24
Tabla 7. Contenidos máximos de sulfatos (CIRSOC 201/2005).	25
Tabla 8. Contenido máximo de ión Cl ⁻ en hormigón endurecido (IRAM 1857)	26
Tabla 9. Valores de cargas superficiales generales.	36
Tabla 10. Criterios de diseño sedimentador rectangular.	37
Tabla 11. Periodo de detención en función de la carga superficial.	40
Tabla 12. Velocidades de sedimentación. Norma Brasileira NB-592.	40
Tabla 13. Valores de constantes empíricas a y b.	41
Tabla 14. Métodos y técnicas de tratamiento de agua. De Luis Di Bernardo-ABES 1993.	44
Tabla 15. Parámetros de diseños básicos de drenajes PVC.	51
Tabla 16. Producción de hormigón base de datos Vecchio SRL.	60
Tabla 17. Cantidades de material residual.	61
Tabla 18. Cantidades de agua para lavado.	63
Tabla 19. Cuantificación de material residual total. RW.	64
Tabla 20. Cantidades de Agua Residual Diaria.	65
Tabla 21. Resultados de análisis físico-químicos RW.	70
Tabla 22. Resultados experimento decantación agua residual.	72
Tabla 23. Composición general del cemento CPC-50.	74
Tabla 24. Composición química de aditivo reductor de agua.	75
Tabla 25. Hoja de protocolo de cemento. Control estadístico.	77
Tabla 26. Dosificación H30 parámetro – 0% de agua reciclada.	79
Tabla 27. Valores de parámetros característicos del hormigón en estado fresco.	80
Tabla 28. Valores mensuales de los principales parámetros meteorológicos en Concordia INTA EEAC.	134
Tabla 29. Tabla modelo de importancia.	149
Tabla 30. Valoración de la importancia.	150
Tabla 31. Matriz de importancia sintética.	160
Tabla 32. Resumen matriz de importancia.	161
Tabla 33. Demanda promedio de hormigón por clase resistente según CIRSOC 201/2005.	172
Tabla 34. Precio por [m ³] de hormigón según clase resistente. Fuente: Vecchio SRL.	172
Tabla 35. Ventas mensuales periodo ene21-dic21. Fuente: Vecchio SRL.	173
Tabla 36. ISAC. Serie original, desestacionalizada y tendencia-ciclo. Ene. 2021-mar.2022.	178
Tabla 37. Proyección de las ventas anuales - escenarios posibles.	182
Tabla 38. Capital de trabajo promedio anual en base a las ventas de hormigón elaborado.	185
Tabla 39. Proyección del Capital de Trabajo.	185
Tabla 40. Flujo de fondos escenario pesimista.	187
Tabla 41. Flujo de fondos escenario intermedio.	187
Tabla 42. Flujo de fondos escenario optimista.	188
Tabla 43. Comparación de escenarios. Indicadores financieros.	189

Índice de figuras

Imagen 1. Producción anual de empresas elaboradoras de hormigón asociadas a la AAHE. Anuario 2019.	6
Imagen 2. Densidad de población provincia de Entre Ríos. Geocenso CENSO 2010 INDEC.	8
Imagen 3. Escala de pH.	19
Imagen 4. Pileta actual de depósito de agua residual. (Fotos cortesía archivo de la empresa Vecchio SRL)	31
Imagen 5. Boceto de diseño anteproyecto de pileta de lavado. (Foto cortesía archivo de la empresa Vecchio SRL).....	31
Imagen 6. Sedimentador convencional circular de limpieza manual. ³⁵	33
Imagen 7. Esquema en planta y corte de un sedimentador ideal.	34
Imagen 8. Trayectoria de partícula discreta en zona de sedimentación.	35
Imagen 9. Vista en corte de caja de filtro lento convencional.	45
Imagen 10. Detalle de cajas de filtros.	47
Imagen 11. Detalle corte de filtro. Altura manto de arena.....	48
Imagen 12. Ejemplos de sistemas de drenaje.	51
Imagen 13. Detalle manto de soporte de filtro.	54
Imagen 14. Corte transversal de lecho de secado de arena.	55
Imagen 15. Localización de la obra. Distancia al centro poblacional más cercano.....	58
Imagen 16. Localización de la obra. Distancia al acceso más cercano.	58
Imagen 17. Descarga de agua residual en pileta existe. Sitio de toma de muestras.	66
Imagen 18. Muestras de agua residual para análisis de laboratorio.....	67
Imagen 19. Experimento de decantación del agua residual.	71
Imagen 20. Decantación simple y trasvase de agua residual, para convertirla en agua reciclada.	76
Imagen 21. Sección de excavación suelo natural.	104
Imagen 22. Sección hormigón de limpieza tipo H15.....	105
Imagen 23. Sección de vigas de fundación. Hormigón tipo H30-CAH.	106
Imagen 24. Modelo 3d vigas de fundación.	106
Imagen 25. Sección hormigón de losas. Tipo H30-CAH.....	107
Imagen 26. Modelo 3D losas de fondo.	108
Imagen 27. Sección hormigón de tabiques laterales. Hormigón tipo H30-CAH.....	108
Imagen 28. Modelo 3D tabiques laterales.....	109
Imagen 29. Modelo 3D colocación de juntas elásticas waterstop.....	110
Imagen 30. Sección filtro de arena.	111
Imagen 31. Ejemplo barandas perimetrales.....	112
Imagen 32. Sistema de tolva + tornillo sin fin separador de áridos gruesos.....	113
Imagen 33. Sala y sistema de bombas hidráulicas.....	114
Imagen 34. Tanque de almacenamiento externo.	114
Imagen 35. Clasificación de Köppen-Geiger. (adaptada de Peel et al, 2007 (9)).....	132

Índice de gráficas

Gráfica 1. Producción de hormigón. Fuente: Sistema Gestión Vecchio SRL.....	60
Gráfica 2. Cantidades de material residual.....	62
Gráfica 3. Consumos de agua para lavado.....	63
Gráfica 4. Cantidades de material residual total. RW.....	65
Gráfica 5. Conductividad, TDS y Cloruros de RW.....	70
Gráfica 6. pH de muestras de agua residual.	71
Gráfica 7. Conductividad, TDS y Cloruros experimento sedimentación agua residual.	72
Gráfica 8. pH experimento sedimentación agua residual.....	73
Gráfica 9. Curva granulométrica agregado grueso CR 06-20.	78
Gráfica 10. Curva granulométrica agregado fino "Arena Gruesa".	78
Gráfica 11. Tiempo de fragüe del hormigón según porcentaje de variación de agua reciclada.	81
Gráfica 12. Variación de la resistencia a la compresión simple según porcentaje de RW por edades.	82
Gráfica 13. Probabilidad diaria de precipitación en Concordia.....	133
Gráfica 14. Promedio mensual de lluvia en Concordia.	134
Gráfica 15. Niveles de comodidad de la humedad en Concordia.....	135
Gráfica 16. Valoración de impactos según componentes ambientales. Etapa de Preconstrucción.	151
Gráfica 17. Valoración de impactos según componentes ambientales. Etapa de Construcción.	154
Gráfica 18. Valoración de impactos según componentes ambientales. Etapa de Operación y Serv.	157
Gráfica 19. Impacto ambiental total de obra.....	162
Gráfica 20. Cantidad de impactos. Etapa Preconstrucción.....	163
Gráfica 21- Cantidad de impactos. Etapa de Construcción.....	163
Gráfica 22. Cantidad de impactos. Etapa de Operación y Servicio.....	164
Gráfica 23. Cantidad de impactos por actividad.....	164
Gráfica 24. Producción de hormigón elaborado a nivel nacional. Fuente: AAHE.....	166
Gráfica 25. Variación anual de la producción hormigón elaborado a nivel nacional.	166
Gráfica 26. Total de producción en [m3] Hormigón Elaborado - Entre Ríos. Fuente: AAHE.	167
Gráfica 27. Variación anual de la producción de hormigón elaborado en [m3] - Entre Ríos.....	167
Gráfica 28. Producción de hormigón elaborado a nivel local. Fuente: Base datos Vecchio S.R.L.	168
Gráfica 29. Variación anual producción de hormigón local. Fuente: Vecchio SRL.....	169
Gráfica 30. Producción de hormigón histórica mensual. Fuente: Empresa Vecchio SRL.....	169
Gráfica 31. Producción hormigón mensual - último periodo registrado.....	170
Gráfica 32. Incidencia porcentual promedio anual por clase resistente según CIRSOC 201/2005.....	171
Gráfica 33. Demanda de hormigón por clase resistente según CIRSOC 201/2005.....	171
Gráfica 34. Variación ventas de hormigón mensual periodo ene21-dic21. Fuente: Vecchio SRL.....	173
Gráfica 35. Consumo de cemento según tipo de envase. Nivel y participación. Fuente: IERIC.	174
Gráfica 36. Consumo de cemento según jurisdicción. Variación interanual - Año 2020. Fuente: IERIC.	175
Gráfica 37. Consumo de cemento. Variación interanual. Dic. 2015-Feb2022. Fuente: IERIC.....	176
Gráfica 38. ISAC. Serie original, desestacionalizada y tendencia-ciclo. Ene.2021-mar.2022.....	178
Gráfica 39. Demanda de Hormigón Elaborado - Tendencia histórica.	180
Gráfica 40. Comparación de escenarios de proyección de la demanda de Hormigón Elaborado. T=8 años.	182
Gráfica 41. Curva de avance financiero.....	190

Capítulo I

Marco Teórico

1.1. Introducción

En este primer capítulo, se expondrá en primera instancia la problemática del sector y de la industria del hormigón elaborado en materia de gestión de los residuos producidos. Identificado el problema a abordar, se procederá con la presentación de diferentes datos históricos y de antecedentes relacionados al proyecto de *“propuesta de un sistema de tratamiento de agua residual para su aplicación en plantas elaboradoras de hormigón”*, mediante el cual se pondrá en valor la gestión de los residuos procedentes de dicha industria, a nivel regional y nacional de forma general, cuya importancia de aplicación se ha convertido en la actualidad de necesidad y urgencia, evaluando la normativa vigente y sus antecesoras, lo que definirá un marco de evaluación del estado actual del conocimiento del tema. Definida la problemática, los antecedentes y el estado actual, se procederá con el enunciado del objetivo general y de los objetivos particulares del proyecto, para de esta forma definir la metodología de evaluación y la estructura del mismo.

Cabe recalcar que, para poder comprender la problemática de la gestión de residuos industriales, en este caso del sector del hormigón elaborado y específicamente de una ciudad, como lo es Concordia, en la que conviven y compiten varias empresas comercializadoras de hormigón, se hace necesario definir el correcto marco teórico. Esto permitirá orientar todo tipo de decisiones, ideas e incertidumbres, para posteriormente seleccionar de manera adecuada y holística el tipo de solución a ejecutar en materia de intervención, sin dejar de lado la variabilidad que existe entre los diversos factores intervinientes como lo son el tipo de planta elaboradora, las empresas, las ciudades y los residuos generados propiamente dichos.

El uso del agua potable dentro del sector productivo e industrial y específicamente dentro del sector de la construcción, dominado principalmente por pequeñas y medianas empresas (PYMES) a nivel nacional, como ocurre con otros sectores, desempeña una funcionalidad y utilización significativa, siendo empleada en grandes cantidades, lo que consecuentemente implica una mayor cantidad de residuos y/o aguas residuales que son desechados al ambiente, aportando de esta manera un alto contenido de contaminantes perjudiciales para el entorno, los cuales pueden llegar a ser tratados en el mejor de los escenarios, obligado al sector a actuar de manera sostenible frente a los recursos naturales.

Es por ello que para plantear la reducción del grado de contaminación de la industria del hormigón elaborado puntualmente, es necesario proporcionar y debatir acerca de soluciones que permitan tratar dichos desechos, de modo de garantizar el cumplimiento de ciertos límites de tolerancia con el objetivo de contrarrestar los efectos no deseados para con el ambiente, así mismo plantear con la posibilidad de reutilización del recurso natural, la disminución de la necesidad de entrada de los procesos antes mencionados.

En la ciudad de Concordia Entre Ríos, es claro y evidente la necesidad de diseñar e implementar sistemas de tratamiento de las aguas residuales en la industria del hormigón elaborado, debido a la falta de aplicación de los mismos o en algunos casos siendo el tratamiento precario, específicamente para las operaciones de lavado de planta y camiones mixers luego del transporte de material, constituyendo una alternativa válida para la reducción del impacto ambiental y la optimización de los recursos naturales utilizados en la producción de hormigón.

La aplicación del sistema de tratamiento diseñado, es decir su construcción, se llevará a cabo con la empresa Vecchio S.R.L., en su planta de producción ubicada dentro del Parque Industrial de la ciudad de Concordia, constituyéndose de esta forma en la primera empresa de la ciudad y de la región en implementar un sistema de tratamiento de las aguas residuales producto del proceso de elaboración de hormigón.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que las propiedades de las aguas residuales industriales y específicamente las de la industria del hormigón, dependen en su mayoría de la composición química, factor que resulta importante a la hora de tomar decisiones respecto a su potencial reutilización. También es importante tener en cuenta que las aguas residuales, los lodos generados y los agregados que puedan recuperarse en los diferentes pasos del procesamiento de un sistema de tratamiento varían en sus características fisicoquímicas. Por lo tanto, no solo se necesita una base de datos actualizada respecto a los resultados y valores admisibles de los análisis cuantitativos y cualitativos de las aguas residuales, sino también la elaboración de manuales y reglamentaciones que regulen las prácticas actuales de eliminación de los desechos en dicha industria, para sentar las bases y/o pautas de aplicación sostenible considerando diferentes opciones de reutilización. Tal es así que se requieren más investigaciones extensas para encontrar un sistema de tratamiento que genere una fuente estable y confiable de agua reutilizable, con una variabilidad de composición físico-química mínima para una utilización óptima, por consiguiente, el tratamiento y la reutilización del agua de desecho conforma hoy en día objeto de varias investigaciones, convirtiéndose en una problemática ambiental a resolver y estudiar muy importante.

1.2. Antecedentes.

1.2.1. Estado del arte a nivel mundial.

En las últimas décadas se ha podido evidenciar y comprobar el incremento exponencial de la población estudiado décadas atrás, tanto en las grandes urbes alrededor del mundo como a nivel regional en la Argentina, (un 54 % de la población mundial vive en ciudades, y se espera que para el año 2045 la población urbana alcance los 6 billones de personas, lo que representa al 66 % de la población mundial (Naciones Unidas, 2015)), sumado a este fenómeno el desarrollo industrial también se vio influenciado por dicha situación, en consecuencia, *la demanda de agua potable tanto para consumo humano como para los diferentes consumos industriales, aumentó significativamente.*¹ Según el informe presentado por Rodríguez et al., en el informe presentado para el Banco Mundial en el año 2020 “De residuo a recurso: Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes de aguas residuales de América Latina y el Caribe”², *actualmente el 36 % de la población mundial vive en regiones con escasez de agua. En particular, la rápida urbanización, especialmente en países de renta baja a media, ha creado varios desafíos relacionados con el agua. Estos incluyen: una degradación en la calidad del agua, un suministro inadecuado y falta de infraestructura de saneamiento, particularmente en asentamientos periurbanos e informales crecientes. En América Latina y el Caribe, solo alrededor del 60 % de la población está conectada a un sistema de alcantarillado y solo un 30 a 40 % de las aguas residuales de la región que se captan se tratan. Estos porcentajes son sorprendentes, dados los niveles de ingreso y urbanización de la región y tienen implicaciones importantes en la salud pública, la sostenibilidad ambiental y la equidad social.*

Continuando con lo mencionado en el informe del Banco Mundial (en un todo de acuerdo con ello), *los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) añaden una nueva dimensión a los desafíos a los que se enfrenta el sector del agua, al centrar la atención en la sostenibilidad. Los objetivos vinculados a este sector incluyen mejorar la calidad del agua, implementar una gestión integrada de los recursos hídricos, lograr eficiencia en el uso del agua en todos los sectores, reducir el número de personas que sufren escasez de agua y restaurar los ecosistemas acuáticos. Para lograr los ODS, los gobiernos de la región tendrán que incrementar de manera significativa los niveles de tratamiento de las aguas residuales.*

Las necesidades de inversión en el sector del agua potable y saneamiento son enormes y para mejorar la gestión de las aguas residuales en la región, los países están embarcándose en programas masivos para captarlas y tratarlas. A medida que las ciudades siguen creciendo, existe la oportunidad de asegurar que se realicen inversiones de la manera más sostenible y eficiente posible. El desarrollo urbano futuro necesita enfoques que minimicen el consumo de los recursos y que se centren en la recuperación del recurso, siguiendo los principios de la llamada economía circular. En este contexto, las aguas residuales son y deben considerarse un recurso valioso a partir del cual pueden extraerse energía y nutrientes, así como ser una fuente adicional de agua².

En el año 2014, S. Vajnhandl y J.V. Valh, llevaron a cabo una investigación respecto al estado de la reutilización del agua en el sector textil europeo, analizando que el consumo mundial de agua por actividades industriales aumentaría de ochocientos billones de metros cúbicos desde el año 2009 a mil quinientos billones de metros cúbicos para el año 2030³, sumado a ello el porcentaje de la población urbana en Europa actualmente del orden del 73,40 %, se espera que aumente hasta el 81,00% para el año 2050⁴. Kate Smith et. al. (2018) señalaron que, en Asia Oriental,

ciudades como Beijing (China) solo pueden satisfacer el 70,00% de la demanda de agua utilizando los recursos hídricos locales, a pesar de los esfuerzos por reducir el consumo de agua doméstica en los últimos años⁵. En dicho escenario, el alto consumo de agua y la generación de aguas residuales en la industria del hormigón se han convertido en cuestiones medioambientales muy significativas⁶.

En Italia, Bologna, F. Sandrolini y E. Franzoni⁷ investigaron el reciclado de aguas residuales producto del lavado en plantas de hormigón premezclado, mencionando que un camión de hormigón premezclado de 9 [m³] contiene, al final de cada jornada de trabajo, aproximadamente entre 200 ± 400 [Kg] de hormigón plástico devuelto, este material se puede dejar durante la noche en el camión con la adición de aditivos de control de hidratación o lavados. Cuando se lava, con la adición de aproximadamente 700 ± 1300 litros de agua, el material se puede separar mecánicamente en agregados listos para su reutilización y agua que contiene cantidades de partículas finas en suspensión).

En Latinoamérica, países como Brasil, entre el año 2005 y 2012 registraron aumentos extraordinarios del consumo de cemento anual el cual se incrementó en más del 80%, y el incremento del consumo de hormigón elaborado en plantas industriales fue del orden 180%, alcanzando así la cifra de 51 millones de metros cúbicos anuales de hormigón elaborado⁸, esto para considerar un orden de magnitud respecto a los volúmenes de hormigón que se fabrican anualmente en el país vecino. Se puede afirmar que Brasil es el líder mundial en la reutilización de excedentes de hormigón elaborado producto del lavado de camiones mixer: puesto que alrededor del 9,0% del material sobrante contenido en los camiones es reutilizado, en comparación con el 6,0% para los Estados Unidos, el 2,5% para Europa y el 1,5% para Japón y Hong Kong⁹.

De acuerdo con Borger et al.¹⁰ el lavado externo e interno de cada camión mixer demanda entre 800–1000 litros de agua, generando de este modo la denominada “agua gris”. Así, la limpieza de estos camiones genera unos 10 mil metros cúbicos de agua de lavado diariamente. Después de lavar los camiones, el agua gris es volcada en el menor de los casos en depósitos o piletas de decantación (o de sedimentación), que tienen la función de reducir la cantidad de material sólido, segregar los aditivos o aceites y otros elementos inmiscibles en el agua y en la mayoría de los casos son volcadas a cielo abierto o pozos sin tratamiento alguno. El agua resultante del proceso de sedimentación es lo que se conoce como agua reciclada o por sus siglas en inglés Recycled Water (RW) o agua recuperada¹¹.

El RW puede considerarse como un material contaminante, ya que generalmente presenta un pH del orden de 11 a 12 debido a la alta concentración de álcalis del cemento Portland, además de otros componentes químicos de los aditivos¹². Por lo tanto, su disposición final debe hacerse de manera controlada, actualmente regulada en varios países, tales como Alemania o en los Estados Unidos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA)⁸. Por lo tanto, además del impacto ambiental causado por este material, genera altos costos para las plantas elaboradoras de hormigón, motivo por el cual, tal como menciona P.R. Matos, la búsqueda de destinos adecuados para el RW se encuentra más que justificados¹³.

1.2.2. Situación en la Argentina.

En Argentina se estima que 41,4 millones de personas residen en áreas urbanas (año 2019), de las cuales el 89,5% tienen acceso al agua por red pública y el 66,3% a cloacas¹⁴. No hay estadísticas confiables respecto del nivel de tratamiento de aguas residuales, sin embargo, algunas fuentes calculan que se encuentra entre el 15 y el 20% de las aguas recolectadas¹⁵, considerando como agua residual específicamente a las aguas negras de las redes cloacales urbanas y a las aguas residuales del sector industrial. En este escenario, el uso de fuentes de agua alternativas, ejemplo el agua reciclada de la industria del hormigón elaborado, se convierte en un recurso necesario con el objetivo de afrontar los desafíos emergentes de escasez de agua, sumado a los grandes volúmenes de consumo industrial, particularmente para la industria del hormigón como se mencionó anteriormente. En consecuencia, el tratamiento y la reutilización del agua residual, son actualmente objeto de numerosas investigaciones, tanto para el sector urbano, agrícola e industrial.

En la industria de la construcción a pesar del notable avance y desarrollo de nuevos materiales, tecnologías y metodologías de construcción, el hormigón continúa siendo uno de los materiales, si no es el más ampliamente utilizado, especialmente en lo que respecta a la construcción de viviendas para responder a la demanda de la población creciente. Pero el alto consumo de agua y la generación de aguas residuales sumado a la gestión de estos factores en la industria del hormigón elaborado, se han convertido en cuestiones ambientales muy importantes a resolver y tratar. En Argentina, un índice indicativo de las cantidades de hormigón que se producen, como así también de la actividad del sector, es el consumo de cemento, registrándose en el año 2019 (último año completo disponible) un consumo total de 11.003.359 toneladas de producción de cemento¹⁶, o su equivalente en kilogramos de consumo por habitante del orden de los 245 [Kg/Hab].

Alrededor de 5.436.186 de metros cúbicos de hormigón se producen anualmente en plantas elaboradoras¹⁷, de las cuales tan solo un 8% cumplen con certificación de gestión de calidad ISO 9001:2015 y un 21% elaboran bajo estándares de calidad y servicio aceptables, el 71% restante no cumplen y no califican con los estándares de calidad en la producción y el ambiente, lo que da una idea de la gestión actual de los residuos de la industria¹⁸.

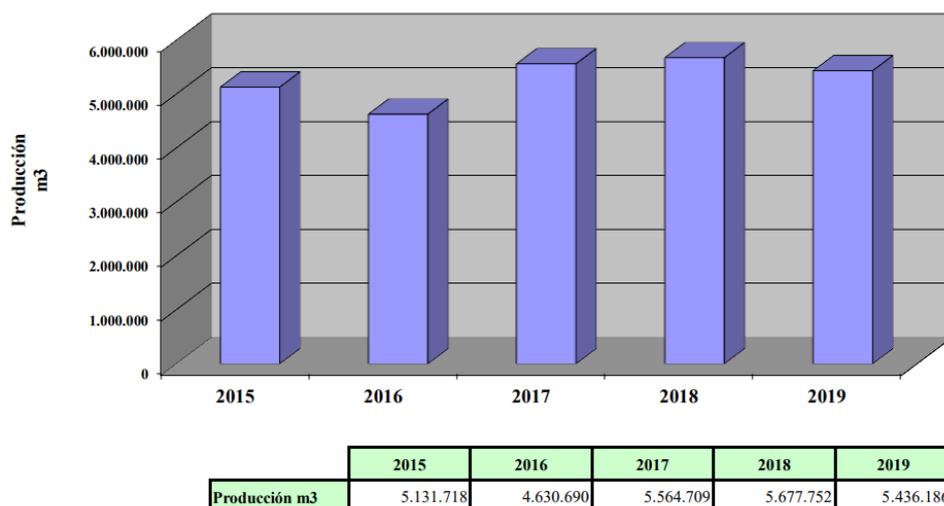


Imagen 1. Producción anual de empresas elaboradoras de hormigón asociadas a la AAHE. Anuario 2019.

Se estima que, de acuerdo a la bibliografía consultada y a los valores obtenidos de registros de pesajes de camiones al regreso de un transporte de hormigón de una planta elaboradora de hormigón local, que al final de cada viaje, queda un residuo de hormigón plástico más agua, de aproximadamente 300 [Kg] en cada camión mezclador. Dicho sobrante si bien puede reutilizarse mediante el uso de aditivos estabilizadores de hidratación, lo habitual es que sea lavado, teniendo en cuenta los costos de aditivos que conllevan los primeros y su aplicación, los cuales “a priori” podría resultar en comparación con el uso de agua para el lavado más costosos, sin ahondar demasiado en el consumo total de agua por lavado de camión. Dicho lavado en la mayoría de los casos, especialmente en hormigoneras locales se realizan sin escatimación alguna respecto al consumo de agua ni de su vertido y/o devolución al ambiente.

En Argentina se hace un uso importante de las aguas subterráneas ya que un 30% del agua promedio extraída en el ámbito nacional para los distintos usos, es de origen subterráneo¹⁸. En los últimos años, sin embargo, se advierte la tendencia a una mayor utilización, derivado por una parte de los problemas de disponibilidad y calidad que se están registrando en las fuentes superficiales, y por otra, de una mayor actividad en los procesos industriales en áreas con insuficientes fuentes superficiales, como los de la actividad petrolífera y minera. Existe en este contexto una amenaza creciente a la sostenibilidad de las fuentes de agua superficiales y subterráneas por prácticas agrícolas no conservacionistas, deforestación, el uso de agroquímicos y los cambios en el uso del suelo, particularmente la urbanización, que perturban el balance hídrico y las condiciones de calidad de las fuentes. Se destacan la contaminación de cursos superficiales y acuíferos en la zona de influencia de las grandes aglomeraciones urbanas y polos industriales (ej., el cordón industrial del Paraná -Río de la Plata desde las ciudades de Rosario hasta La Plata) y en los grandes oasis de riego (ej.: Mendoza Norte) y de lagos (Lagos Salto Grande, San Roque, Nahuel Huapi, Embalse Río Hondo, etc.) por vertidos urbanos e industriales. Los sectores de agua potable y saneamiento y de riego, sobresalen en relación con los usos consuntivos del agua. El riego demanda un 70,5 % del total, seguido por el abastecimiento de agua potable (13 %), el abrevado de ganado (9 %) y el uso industrial (7,5 %)¹⁹.

1.2.3. Aspectos demográficos.

El departamento de Concordia cuenta con 3.683 [Km] de extensión, el espacio local referido al municipio de Concordia tiene una superficie de 226 [Km²]. De acuerdo con los datos del último censo nacional realizado por el INDEC²⁰ (2010), la densidad de población para dicho año era 52,2 [Hab/Km²] con una población de 170.033 [Hab], estimando para el año 2019 una densidad del orden de los 58,08 [Hab/Km²] para una población de 189.291 [Hab], lo que la convierte en el departamento más densamente poblado de la provincia de Entre Ríos, como se puede apreciar en la Imagen 2 y la Tabla 1.

Según las proyecciones del mismo organismo gubernamental, la población de Concordia sería de 194.711 [Hab] para el año 2022 y de 199.927 [Hab] para el año 2025, lo que indica una alta concentración de población en este entorno urbano. Este indicador aporta una idea de la importante distribución de personas en el territorio objeto de análisis y en ese sentido puede suponer la existencia de fuertes intercambios sociales, comunicación de experiencias y circulación de conocimientos, además de sobresalientes problemas ambientales relacionados con el uso y consumo de los recursos naturales como el agua, el suelo y el aire, sumado a la metodología de gestión de los mismos y las políticas aplicadas, en base a dicha dimensión micro espacial particularmente dinámica como lo es la densidad de población. Constituye además el principal centro urbano de la cuenca del río Uruguay, ya sea por su importancia comercial e industrial, o por su índice poblacional anteriormente indicado.

Departamento	Densidad de población hab/km ²	Población total
Paraná, Entre Ríos	68,3	339.930
Concordia, Entre Ríos	52,2	170.033
Colón, Entre Ríos	21,5	62.160
Federación, Entre Ríos	18,3	68.736
Uruguay, Entre Ríos	17,2	100.728
Diamante, Entre Ríos	16,7	46.361
Gualeguaychú, Entre Ríos	15,4	109.461
San Salvador, Entre Ríos	13,5	17.357
La Paz, Entre Ríos	10,3	66.903
Tala, Entre Ríos	9,6	25.665
Nogoyá, Entre Ríos	9,1	39.026
Villaguay, Entre Ríos	7,3	48.965
Gualeguay, Entre Ríos	7,2	51.883
Victoria, Entre Ríos	5,2	35.767
Federal, Entre Ríos	5,1	25.863
Feliciano, Entre Ríos	4,8	15.079
Islas del Ibicuy, Entre Ríos	2,7	12.077

Tabla 1. Densidad de población por departamentos provincia de Entre Ríos. CENSO 2010 INDEC.

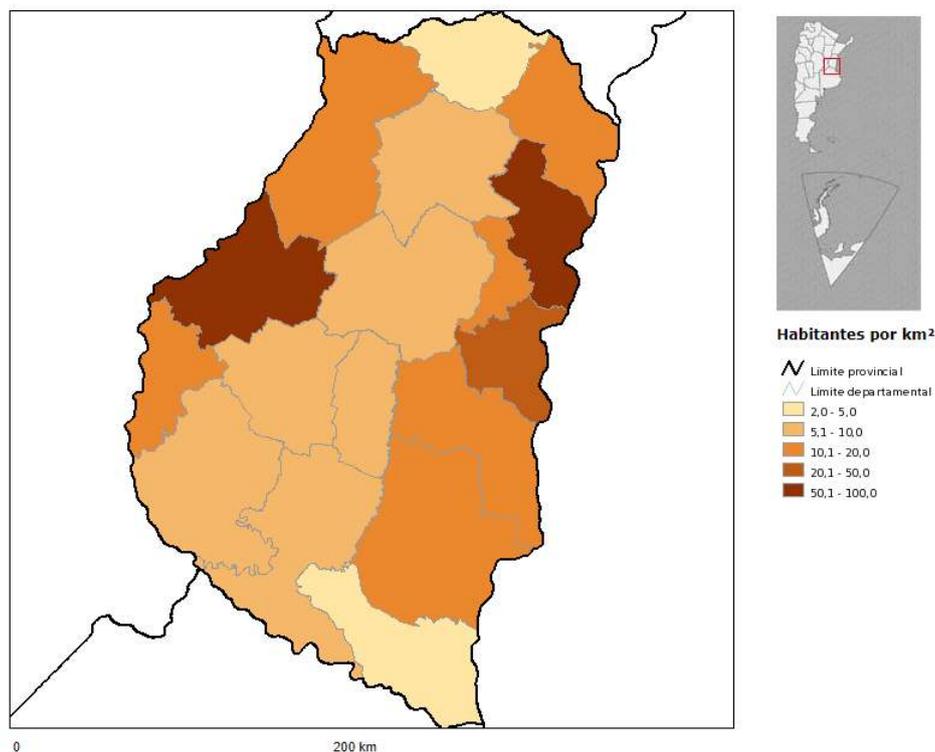


Imagen 2. Densidad de población provincia de Entre Ríos. Geocenso CENSO 2010 INDEC.

La incidencia que tiene este hecho sobre el desarrollo de las respectivas sociedades locales, es que la concentración de población y actividades económicas productivas en la dinámica del territorio, representa un conglomerado de población y actividades que si bien puede realizar importantes aportes al desarrollo de las sociedades en la microrregión, también representan una fuente de demanda por servicios y generan una carga ambiental, producto del más intenso uso de los recursos naturales, la ocupación del suelo con fines de residencia y producción. Desde el punto de vista geográfico la microrregión se encuentra desarrollada hacia el lado oriental de la costa del río Uruguay, por la porción de territorio perteneciente al departamento de Concordia, que comprende al municipio y áreas adyacentes de los municipios de La Criolla, Osvaldo Magnasco, Calabacilla, Estancia Grande, Benito Legerén, Villa Adela, Villa Zorraquín y Estación Yerúa, sumado a un área sub rural y rural que abarca al noroeste en su gran mayoría.

1.2.4. Aspectos institucionales.

Invariablemente, los sucesivos diagnósticos del marco institucional en Argentina concluyen que la gestión de los recursos hídricos tanto al nivel nacional como al nivel provincial, se caracteriza principalmente por una fragmentación sectorial e institucional. En el nivel nacional la Subsecretaría de Recursos Hídricos, en el ámbito del Ministerio de Infraestructura y Vivienda, es el organismo encargado de fijar y ejecutar la política hídrica nacional. La Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental, en el ámbito del Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente, fija la política sobre los recursos naturales y el medio ambiente.

La administración de los recursos hídricos en las provincias, que ostentan el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio, adquiere características diversas según los principales intereses y conflictos que devienen de la oferta y demanda del agua. Mas allá de la estructura institucional adoptada, los organismos competentes tienen serias dificultades técnicas y operativas que limitan la capacidad de los mismos de instrumentar políticas, desarrollar una gestión eficiente y ejercer el poder de policía. A pesar de que la mayoría de los grandes sistemas fluviales en Argentina son interprovinciales, solo se encuentran operativas en la actualidad tres entidades de cuenca, con distintas funciones y alcance. Ellas son la Comisión Regional del río Bermejo, constituida en 1981, el Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, formalizado en 1977 y la Autoridad Interjurisdiccional de Cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro, creada en 1985. Existen otros organismos en proceso de formación o reactivación. Los logros alcanzados en cada una de ellas en relación con la gestión integrada de los recursos hídricos son diferentes y muestra una estrecha dependencia de las voluntades políticas de las partes y de las disponibilidades financieras.

En Argentina no existe una legislación nacional de aguas que abarque todo el ámbito del territorio nacional. Tal vacío deberá ser resuelto en virtud de la reforma Constitucional de 1994, la que estableció que le corresponde a la Nación declarar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección ambiental y a las provincias las necesarias para complementarlas, sin que aquellas alteren las jurisdicciones locales. Las constituciones provinciales en general han avanzado más en materia de preceptos ambientales y relacionados con los recursos hídricos, aunque sólo en forma genérica. Las leyes o códigos de agua provinciales en general son instrumentos poco flexibles que no permiten tomar en cuenta el valor económico, social y ambiental del agua. La legislación de aguas subterráneas es muy escasa, estando su explotación, en algunos casos sujeta al régimen de concesión. En general, por razones apuntadas anteriormente el nivel de eficacia en la aplicación y control de la legislación es muy bajo, lo que resulta en su incumplimiento generalizado. En forma similar al caso del agua, existe un vacío normativo en lo que hace a una política global en materia de Evaluación de Impacto Ambiental.

En virtud de ello, la aplicación de procedimientos de evaluación de impacto ambiental tiene un carácter netamente sectorial, en el ámbito nacional, que limita su alcance y genera vacíos y asimetrías significativas. No existe normativa en el ámbito nacional ni en forma generalizada en el ámbito provincial que establezca los objetivos de calidad del agua en los cursos de aguas superficiales y subterráneos. Puede afirmarse que el marco regulatorio necesario para el control adecuado de la contaminación no está vigente en todas las jurisdicciones ni responde a una concepción metodológica que contemple adecuadamente las características del cuerpo receptor, los usos actuales y potenciales y la sostenibilidad del aprovechamiento del recurso. Tampoco están claramente establecidos los mecanismos de evaluación de infracciones y aplicación de las sanciones correspondientes lo cual es necesario para asegurar su implementación efectiva.

En materia normativa en Argentina no existen leyes que reglamenten la necesidad de reutilización y el tratamiento de las aguas residuales de las plantas hormigoneras o producto del lavado de camiones mixer, mucho menos a nivel provincial. Así mismo existen leyes de carácter general tales como la Ley N°25.612 “Gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicios” o la Ley N°25.688 “Régimen de Gestión Ambiental de Aguas”, a partir de las cuales se establece la protección ambiental sobre la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio, derivados de procesos industriales o de actividades de servicios, los presupuestos mínimos ambientales y para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional.

1.2.5. Aspectos económico-sociales.

Los varios regímenes tarifarios en Argentina para los diferentes usos de agua, están lejos de integrar el concepto del valor económico del agua. En general, las tarifas son apenas suficientes para cubrir los costos de operación y mantenimiento de los sistemas de agua. Las legislaciones provinciales reconocen tres tipos principales de tributos:

- i) Cánones de uso o vertido.
- ii) Tasas o cuotas retributivas de servicios.
- iii) Contribuciones por mejoras por construcción de obras.

Argentina recibe apoyo financiero para proyectos que permiten el desarrollo sectorial en todo el ámbito nacional, fundamentalmente a través de préstamos otorgados por organismos multilaterales, como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), y el Banco Mundial (BIRF), que son administrados por organismos públicos de nivel nacional. La incidencia sobre el sector es de tipo directa o indirecta. Sin embargo, la falta de coordinación de estas operatorias con el área competente del sector hídrico, que es la Subsecretaría de Recursos Hídricos, ha limitado seguramente la mejor utilización de los recursos en términos del sector.

No existe una ley marco de Recursos Hídricos que fije políticas y criterios comunes con validez en todo el territorio nacional que incentiven el uso eficiente y ambientalmente sustentable del agua, provean seguridad jurídica en los derechos de uso del agua y en la resolución de conflictos entre jurisdicciones administrativas y usuarios que atiendan problemas de equidad social. Si bien

existe una profusión de textos legales en las provincias, denotando una fuerte tradición en materia de aguas, existen vacíos legales y asimetrías entre estados provinciales que debe ser subsanados a los fines de un manejo integrado de los recursos hídricos, en especial los compartidos.

En general, las tarifas son apenas suficientes para cubrir los costos de operación y mantenimiento de los sistemas de agua y no contemplan el valor económico, social y ambiental del agua.

1.2.6. Tesis y estudios de casos locales.

En la ciudad de Concordia se cuenta específicamente con dos plantas elaboradoras-comercializadoras de hormigón, además de otras 3 a 4 empresas constructoras con plantas o mezcladoras para producción propia a menor escala, y al igual que en las obras en general, las cuales utilizan un lavado sin recirculación, el agua de lavado es descargada en terrenos y en piletas de decantación o cámaras de inspección, para luego ser vertidas en el suelo directo, cloacas o pluviales terminando en arroyos o ríos. Para el lavado se utiliza agua de red, pozo o combinada. Las compañías efectúan el lavado antes y después de cada carga. El agua utilizada es de unos 100 litros por lavado para el exterior y 400 litros para el trompo. Tal como lo menciona Alzogaray A.²¹, en promedio se despachan por día 10 camiones, efectuándose 20 lavados por día por lo tanto son alrededor de 10.000 [L/día] de agua residual producida, que son vertidos en las piletas de decantación sin recuperación o directamente a cielo abierto sobre terreno, lo que evidencia la necesidad de incorporar plantas de tratamiento de las aguas residuales de la industria del hormigón elaboradora de la región o de la localidad.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

El objetivo general del presente trabajo consiste en diseñar una obra de ingeniería basada en un sistema de tratamiento de aguas residuales de la industria del hormigón elaborado, especialmente para el mercado local o regional, para la reutilización del agua reciclada producto del lavado de camiones mixers y de planta.

1.3.2. Objetivos Específicos.

Al tratarse de una obra de carácter industrial, la que abarca diferentes aspectos o ramas de la ingeniería civil, tales como la hidráulica aplicada, ingeniería sanitaria, geotecnia, estructuras e ingeniería ambiental entre otras, lo que denota el campo holístico de la primera, los objetivos específicos resultantes son:

- ❖ Identificar las variables intervinientes en el proceso de elaboración del hormigón elaborado, que establezcan el marco teórico propicio para diseñar el sistema de tratamiento de las aguas residuales de dicha industria.
- ❖ Caracterizar en sus aspectos físicos y químicos a las aguas residuales de la industria del hormigón elaborado, a partir de muestras extraídas del actual sistema de tratamiento dispuesto en la planta elaboradora de la empresa Vecchio S.R.L.
- ❖ Realizar el relevamiento pertinente y efectuar el cálculo de ingeniería para el dimensionamiento del sistema de tratamiento.
- ❖ Evaluar y validar el diseño propuesto, mediante la reutilización del agua residual tratada para la elaboración de hormigones de comparación, caracterizándolos física y estructuralmente.
- ❖ Determinar a partir de los resultados de ensayos de los hormigones de comparación el impacto que genera el reemplazo parcial o total del agua residual por agua de mezclado y en la calidad final del producto.
- ❖ Comparar la resistencia a la compresión simple y la durabilidad del hormigón elaborado con agua residual tratada y con agua potable.
- ❖ Verificar si el tiempo de fraguado de la pasta de cemento realizada con agua residual tratada cumple con lo establecido por norma.
- ❖ Estimar los costos y el presupuesto necesario para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales diseñado, evaluando las diferentes opciones financieras para las empresas locales.
- ❖ Evaluar y predecir el impacto social y ambiental que implica la implementación de dicha solución en el entorno.
- ❖ Analizar la factibilidad económica y financiera.

Como corolario de los objetivos antes mencionados, desde una perspectiva holística, éste trabajo aspira trascender las fronteras que implican el hecho de realizar un mero proyecto ingenieril de fin de carrera, y no por eso resultando menos importante, es decir, se pretende específicamente proponer una obra de ingeniería cuyo alcance sea de aplicación social, llegando a la mayor cantidad de ciudadanos, especialmente si lo que se afecta es el ambiente y el entorno en el cual la industria se desenvuelve, afectando a los más vulnerables, para lo cual se buscando minimizar el impacto que esta provoca.

Como resultado se fomenta y establecen las bases para el desarrollo posterior de trabajos de similar aplicación o de la misma línea de estudio, basado en el déficit de antecedentes de trabajos, proyectos o cualquier otro documento que hayan involucrado a los residuos de la industria del hormigón elaborado, haciendo énfasis en una de las actividades de gran importancia y necesidad de desarrollo que se precisa para la currícula de todo ingeniero civil en la actualidad, y que no se puede hacer caso omiso, como lo es el estudio, factibilidad, proyecto, cálculo, dirección, inspección, construcción, operación y mantenimiento de obras civiles en lo que se refiere a la protección del medio ambiente y la gestión de los residuos de la industria, vinculados con la hidráulica, ingeniería sanitaria, gestión de la calidad y la energía, que implican la realización de estudios, tareas y asesoramientos relacionados con la geotécnica, ingeniería ambiental, ingeniería estructural, las ciudades y su entorno, el hormigón elaborado, el planeamiento de su uso y la administración de los recursos naturales para la producción.

El gran desafío de la ingeniería actual y futura es pensar la solución del problema desde el principio al fin, teniendo en cuenta al ambiente y a la sociedad, todo en su conjunto.

1.4. Fundamentación Teórica.

1.4.1. Agua residual.

La Food and Agriculture Organization (F.A.O. por sus siglas en inglés o por el acrónimo ONUAA, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) define al agua residual como: *“Agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. No obstante, las aguas residuales de un usuario pueden servir de suministro para otro usuario en otro lugar. Las aguas de refrigeración no se consideran aguas residuales”*.

De forma genérica y simplificada se puede definir como agua residual a aquel tipo de agua la cual sufrió modificaciones o alteraciones en su calidad primera, debido a la influencia o el impacto del humano en el ambiente.

A su vez las aguas residuales pueden ser clasificadas o agrupadas en grupos bien definidos y diferenciados, los cuales son:

a. Agua Residual Doméstica.

Se trata de aquellas aguas provenientes de viviendas urbanas, producto de las actividades domésticas cotidianas, tales como el uso de agua para limpieza corporal, lavado y preparación de alimentos, limpieza de vivienda, ropa, utensilios entre otros, las cuales presentan en general un gran contenido de materia orgánica e inorgánica, tales como sólidos en suspensión, aceites, grasas, detergentes como así también diferentes materias insolubles, con valores significativos de DBO, coliformes fecales, a las aguas que se encuentran compuestas en general por éstos últimos se las denomina “aguas sanitarias”.

b. Agua Residual Urbana.

Se trata de aquellas aguas provenientes básicamente de las precipitaciones naturales, es decir aguas de lluvia y lixiviados. Estas aguas poseen contenidos de sólidos disueltos debido al arrastre, entre ellos polvo, metales pesados, como así también diferentes gases disueltos e iones que se encuentran en la atmósfera, lo cual es evidenciado por las zonas industriales o densamente pobladas que producto de las primeras y por la concentración de gases debido a diversas actividades tales como el transporte motorizado, se vuelven altamente polucionadas.

c. Agua Residual Industrial.

Son todas aquellas aguas que son utilizadas y se contaminan en procesos industriales y comerciales, desde el lavado, producción, transformación y manipulación o uso específico del recurso, las cuales no son aguas domésticas ni urbanas. Se caracterizan por tener una alta carga contaminante y gran variabilidad de acuerdo al tipo de industria y al proceso en cuestión, pudiendo existir aguas residuales con alto grado de alcalinidad o ácidas, con altos contenidos de sólidos disueltos, en suspensión, materia sedimentable, aguas coloreadas y con presencia de olor, con alto contenido de metales pesados, entre otros.

A su vez las aguas residuales industriales, tal como lo indica (Alvarado Valdivieso Karen Guadalupe, 2016)²², pueden clasificarse en cinco grupos en función de la clase de vertidos:

TIPO DE EFLUENTE	INDUSTRIAS
PRINCIPALMENTE ORGÁNICOS	Papelera, azucarera, mataderos, curtidos, conservera, lecherías y subproductos, fermentaciones, preparación de productos alimenticios, bebidas y lavanderías
ORGÁNICOS E INORGÁNICOS	Refinerías y petroquímicas, coquerías, cementeras, industrias químicas y textiles.
PRINCIPALMENTE INORGÁNICOS	Químicas, de limpieza y recubrimiento de metales, explotaciones mineras y salinas.
CON MATERIAS EN SUSPENSIÓN	Lavaderos de mineral y carbón, corte y pulido de mármol y cerámicas u otros minerales, metalúrgica, laminación en caliente y colada continua.
DE REFRIGERACIÓN	Centrales térmicas y centrales nucleares.

Tabla 2. Clasificación de efluentes industriales según clase de vertido.

1.4.2. Agua residual proveniente de la industria hormigonera.

De forma general se puede identificar que las aguas residuales procedentes de la elaboración de hormigón, son similares a grandes rasgos a las aguas residuales producidas por las industrias cementeras.

La industria cementera como tal posee un gran impacto en el clima, no solo por la contaminación del agua utilizada en su fabricación, sino que además tal como lo menciona Gallucio et. al.²³ (investigación realizada por geocientíficos de la Universidad Martin Luther de Halle-Wittenberg (MLU), Alemania) alrededor del ocho por ciento de las emisiones globales anuales de dióxido de carbono se pueden atribuir a este proceso. Sin embargo, la demanda de cemento sigue aumentando, la alternativa a dicho problema, es el reemplazo del uso de la piedra caliza como materia prima, la cual se convierte en clinker de cemento en grandes hornos; aproximadamente una tonelada de dióxido de carbono se libera durante la producción del cemento por cada tonelada de piedra caliza, la mayor parte es emitida por la piedra caliza misma.

De modo que se puede identificar una contaminación atmosférica con la emisión de gases tales como el dióxido de carbono por la quema de combustibles fósiles para los procesos de calentamiento, la liberación de polvo debido a los procesos de trituración de la caliza y la contaminación del agua utilizada en tres procesos básicos: el enfriamiento, procesamiento y evaporación, aunque resulte muy difícil distinguir las cantidades de uso en cada uno de dichos procesos, se estima que se requieren alrededor de 3500 litros de agua para producir una tonelada de cemento²⁴.

Alvarado V. K. G. (2016)²¹ distingue la generación de agua residual para la industria cementera en los siguientes procesos: Enfriamiento, limpieza, preparación de materias primas y de la pasta de cemento, control de polvos y lechadas como así también en la disposición de estos últimos, en la mayoría de los casos la contaminación del agua es producto del contacto de los materiales con el agua resultado de las prácticas de limpieza y control.

Por dichos motivos se identifica que la mayor cantidad de las aguas residuales en la elaboración del hormigón o generada en las plantas hormigoneras, son resultado de procesos de limpieza, en particular para la limpieza de los camiones mixers y de la planta en sí misma, que se realizan de forma periódica. Dichas aguas residuales transportan residuos de los diferentes productos de hormigón y poseen las siguientes características:

a. Características Físicas.

→ **Sólidos en suspensión (TSS):** Por sus siglas en inglés “Total suspended solids”, se trata de la cantidad de partículas de tamaño variable, que permanecen retenidas en el agua como respuesta al movimiento del líquido o a la densidad de las mismas, debido a que ésta última suele ser igual o menor a la densidad del agua, pudiendo ser separados por medios mecánicos, es decir, es la cuantificación de los niveles de impurezas o turbidez presentes en el agua. A su vez éstos pueden resultar en “*sólidos sedimentables*”, es decir, la cantidad de material presente en el agua que precipita en un periodo de tiempo en condiciones estáticas o de flujo estacionario por acción de la gravedad.

Se mide como la cantidad o peso de sólidos suspendidos por unidad de volumen y es expresado generalmente como miligramos por litro [mg/L]. Los ensayos para la determinación de TSS se determinan por ensayos de tipo gravimétrico y especialmente de mediciones puntuales respecto al volumen total de agua. El método más conocido es el ensayo por “cono de Imhoff”, que consiste en la colocación de una muestra de agua a medir, la cual, al cabo de un periodo de 60 minutos o 1 hora, se observa o se mide la cantidad de sólidos sedimentados en el fondo del recipiente.

Las aguas residuales de la industria hormigonera poseen en general elevados valores de TSS, producto de los materiales sólidos utilizados como materias primas como lo son los agregados gruesos y finos y los restos de hormigón endurecido que no pueden ser disueltos por cuestiones de fragüe.

→ **Sólidos Disueltos (TDS):** Por sus siglas en inglés “Total Dissolved Solids”, se trata de la cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas que se encuentran presentes en el agua residual, en forma molecular, ionizada o micro granular, es decir, es un indicador de la calidad del agua en cuanto a la composición química y la concentración de sales presentes en el agua residual.

Dicho parámetro al igual que para los TSS se mide como una relación entre la cantidad de sólidos disueltos en peso, respecto a la unidad de volumen y se expresa como [mg/L]. El ensayo más común para la determinación del mismo es mediante un medidor electrónico o tiras reactivas, puesto que se busca medir la conductividad eléctrica de la muestra de agua.

Las aguas residuales producto de la elaboración de hormigón en general presentan valores elevados de TDS, al igual que para los TSS, debido a los residuos de materias primas tales como agregados gruesos y finos, polvo adherido, micropartículas de cemento, minerales y residuos de aditivos químicos, los que generan aguas con altos grados de conductividad eléctrica.

→ **Olores:** Se trata de la reacción a un estímulo del sistema sensorial olfativo, en general las aguas residuales industriales presentan olores característicos del proceso del cual preceden, los cuales pueden variar desde no perceptibles a extremadamente fuertes o intensos. Un olor molesto generalmente es el resultado de una serie de episodios de olor experimentados por un ciudadano o ciudadanos. La frecuencia de estos episodios, la duración de cada episodio de olor, la intensidad de los olores y el carácter

u ofensividad de los olores contribuyen a la experiencia definida como “molestia”²⁵. Las técnicas de prueba sensorial utilizan la nariz humana como sensor analítico para permitir que la magnitud del olor (como intensidad o concentración), frecuencia, duración y ofensividad del olor se registren en un lugar particular en un momento específico. Este es un enfoque aceptable considerando que actualmente ningún instrumento analítico puede dar una medida unificada de una mezcla compleja de compuestos químicos que la cuantifique como un todo de la misma manera que lo experimenta un ser humano. La prueba sensorial también permite evaluar el carácter del olor, que es un gran beneficio cuando hay diferentes fuentes de olor. La prueba sensorial se puede realizar usando la nariz solamente (llamada sniff test o prueba de inhalación); o con la ayuda de un instrumento (llamado olfatómetro) en lo que se denomina olfatometría. La olfatometría se puede realizar directamente en campo mediante el empleo de un olfatómetro de campo; o se puede recolectar una muestra en un recipiente que resguarde la estabilidad de la muestra y posteriormente ser analizado en un laboratorio empleando un olfatómetro y un grupo de panelistas.

De acuerdo a lo mencionado por Pepino Minetti et al., en nuestro país no existe legislación nacional que incluya la gestión de olores, es por eso que es común hacer uso de la Ley N.º 5965 de la Provincia de Buenos Aires, reglamentada a través del Decreto N.º 3395/96 el cual en su Anexo V hace mención escueta a la gestión de olores señalando tres tablas, las dos primeras están dirigidas a definir escalas de intensidad de olores y de irritación nasal y de ojos; sin embargo, se señala que en caso de conflicto se recurrirá a la tercera Tabla de Umbrales de Olores e Irritación en la cual se tabulan los umbrales de olor (en ppm) de 56 compuestos químicos individuales.

ANEXO II (Artículo 68)	
Escala de Intensidad de olor	
Con relación a la aplicación de estas escalas que hacen a las condiciones ambientales exteriores los límites aceptables de valores serán grado 2 de Tabla I y grado 1 de Tabla II. Para ambiente laboral los límites aceptables serán de grado 3 de Tabla I y de grado 2 de Tabla II.	
TABLA I Escala de intensidad de olor	
Grado	Intensidad
0	Sin olor
1	Muy leve
2	Débil
3	Fácilmente notable
4	Fuerte
5	Muy Fuerte
TABLA II Escala irritante (irritación nasal y ojos)	
Grado	Intensidad
0	No irritante
1	Débil
2	Moderado
3	Fuerte
4	Intolerable
Las Tablas I y II son orientativas para una estimación previa.	

Tabla 3. Escala de intensidades de olor.
 Ley 1356 Calidad Atmosférica, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Comúnmente resulta difícil clasificar a los olores producidos por las aguas residuales en plantas hormigoneras como “muy fuertes” o “intolerables”, puesto que el agua así generada en general presenta olores característicos dentro de los cuales se destaca el cemento, o los aditivos químicos, pero bajo niveles de percepción muy bajos.

- **Color:** Se trata de la reacción a un estímulo del sistema sensorial visual, de forma global y generalizada el color presente en las aguas residuales industriales puede manifestar el origen de la contaminación, a su vez puede resultar en un indicador del buen estado o deterioro de los procesos de tratamiento. Como norma generalizada en el agua residual se pueden establecer dos clases de colores: el “color verdadero”, el cual corresponde al color del agua sin turbidez o una vez removida la misma y el “color aparente”, el cual manifiesta el color de las sustancias en solución, las sustancias coloidales y del material en suspensión. Para la determinación del color aparente el análisis se lo realiza sobre la muestra original sin filtración o tratamiento previo. La determinación de dicho parámetro resulta de importancia, para poder evaluar las características del agua, la fuente del color y la eficiencia del proceso empleado para su remoción.

El agua residual de la industria hormigonera presenta colores que van desde colores en tonos marrones oscuros a verdes intensos y/o claros, relacionados directamente con el material de origen o los minerales presentes en el mismo.

- **Turbiedad:** Se trata de una propiedad óptica del agua residual que provoca que la luz se disperse y sea absorbida en lugar de ser transmitida. Dicha dispersión es provocada principalmente por los TSS. Se puede definir como la ausencia de transparencia.

Los valores de turbidez determinan el grado de tratamiento que requiere el agua residual, la tasa de filtración a utilizar, la efectividad de los procesos de sedimentación y filtración. Se expresa generalmente como “unidades nefelométricas de turbidez” (NTU por sus siglas en inglés, Nephelometric Turbidity Unit) y se utiliza un medidor de turbidez el cual opera al hacer pasar un rayo de luz en la muestra de agua y mide la intensidad de luz dispersada a 90 grados.

La turbidez de las aguas residuales de la elaboración del hormigón generalmente si no pasan por algún proceso primario de filtración o sedimentación presentan altos valores de turbidez.

- **Temperatura:** Se trata del grado o nivel térmico que presenta el agua residual y se define como un parámetro importante debido a que el mismo influye de forma significativa en las características del agua, en las operaciones y en los procesos de tratamiento, así como también en el método de disposición final.

Dicho parámetro suele expresarse en grados centígrados (°C) y se mide de forma directa y puntual sobre la masa de agua mediante la implementación de termómetros tipo sonda o agujas.

La temperatura de las aguas residuales de la industria del hormigón generalmente presenta valores por encima de la temperatura del agua de suministro, producto de la exposición al ambiente y específicamente, en los instantes posteriores a los procesos

de elaboración del hormigón debido a la condición exotérmica de la hidratación del cemento.

- **Densidad:** Se trata de la cantidad de masa de agua residual por unidad de volumen, expresada comúnmente por $[\text{Kg}/\text{m}^3]$. Para el caso de las aguas residuales dicho parámetro se encuentra íntimamente relacionado con la temperatura de la masa de agua, afectándola de manera inversamente proporcional, a su vez condiciona la formación de corrientes de densidad de fangos sedimentables. La densidad de las aguas residuales suelen ser medidas mediante ensayo de peso por recipiente calibrado y sus valores resultan ligeramente mayores a la densidad del agua natural.

b. Características Químicas.

- **Potencial de hidrógeno:** También denominado pH, indica que tan ácida o básica es una solución, relacionado con la alcalinidad la cual expresa la capacidad de la solución de neutralizar el ácido sin modificar su grado de pH. Para el caso de las aguas residuales, este parámetro permite identificar la aptitud del agua para su uso como agua de mezcla. Se utiliza una escala logarítmica negativa en base 10, que se acostumbra a identificar mediante una escala de colores desde las soluciones muy ácidas a muy alcalinas. Para su medición es común emplear un medidor multiparamétrico digital, también llamado potenciómetro (pHmetro) o de forma manual y aproximada mediante la utilización de bandas indicadoras.



Imagen 3. Escala de pH.

Para el caso de las aguas residuales de la industria del hormigón elaborado, especialmente las que provienen directamente del lavado de camiones mixers presentan valores de pH elevados, del orden de 11 a 14, debido principalmente a la utilización de minerales calcáreos, adiciones minerales en el cemento y residuos de los aditivos químicos empleados para la elaboración, lo que resulta en aguas moderadamente a muy alcalinas. Por dichas razones se debe evitar la descarga directa de estas aguas a cursos de aguas naturales o al suelo, puesto que las aguas cáusticas afectan de manera significativa el pH normal del cuerpo receptor, modificando la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno y fósforo, en consecuencia, resultan afectadas todas las formas de vida acuática, vegetal y microfauna presentes.

- **Alcalinidad:** Es la capacidad que tiene el agua para neutralizar ácidos, la importancia radica en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión, está asociada con altos valores de pH, dureza y sólidos disueltos. Generalmente, la

alcalinidad en aguas residuales está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, el magnesio, el sodio, el potasio o el amoníaco. De entre todos ellos, los más comunes son el bicarbonato de calcio y el bicarbonato de magnesio. La alcalinidad ayuda a regular los cambios del pH producido por la adición de ácidos, y se expresa generalmente en mg/L.

El agua procedente de la limpieza de los camiones mixers y del lavado de planta suele ser altamente alcalina en respuesta a los materiales empleados en la fabricación del hormigón.

Grado	Alcalinidad (CaCO ₃) [mg/L]
Bajo	<75
Medio	75 a 150
Alto	>150

Tabla 4. Grados de Alcalinidad.

- **Materia inorgánica:** Se trata de toda materia compuesta por carbono, son moléculas pequeñas y simples como las sales, minerales, cloruros, entre otros. Expresados en [mg/L]. Existe un sinnúmero de componentes inorgánicos de las aguas residuales que influyen en la determinación y control de la calidad del agua, las concentraciones de las sustancias inorgánicas en el agua aumentan por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas y por el contacto con las aguas residuales. Las aguas minerales disuelven parte de las rocas y minerales con los que entran en contacto, la concentración de la materia inorgánica incrementa también por evaporación ya que se elimina gran parte del agua y permanecen las sustancias inorgánicas en el agua. Las aguas generadas en la limpieza de los camiones de hormigón suelen estar cargadas de materia inorgánica la cual proviene de los componentes del hormigón específicamente de los áridos como las arenas, el canto rodado, piedras partidas y cemento.
- **Cloruros:** El ion cloruro es una de las especies de cloro más importantes a determinar en las aguas residuales. Los cloruros se encuentran presentes en todas las aguas naturales en concentraciones no determinadas ya que proceden de la disolución de suelos y rocas que los contienen y que están en contacto con el agua, se expresan en unidades de masa sobre volumen [mg/L]. En el caso de las aguas procedentes de la industria hormigonera, las mismas presentan un alto contenido de cloruros debido a sus componentes como son el cemento, los áridos (fino, grueso) y los aditivos.
- **Sulfatos:** El ion sulfato es uno de los aniones más comunes en las aguas naturales, su concentración suele ser variable y se expresa en unidades de masa sobre volumen en [mg/L]. Los sulfatos están presentes en muchos compuestos inorgánicos y son el resultado de procesos naturales o de la actividad humana siendo sus fuentes principales las rocas y los suelos sedimentarios. Al igual que los cloruros, los sulfatos están presentes en las aguas generadas en la limpieza de los camiones de hormigón como respuesta al material empleado para la fabricación de hormigón.
- **Dureza:** Se define como la concentración de todos los cationes metálicos no alcalinos presentes en el agua residual como iones de calcio, estroncio, bario y magnesio, en

forma de carbonatos y bicarbonatos, expresados como carbonato de calcio. A nivel industrial, esta cantidad de sales suele ser un problema ya que puede ser la causa de incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua, el valor de la dureza determina la conveniencia para el uso industrial y la necesidad de un proceso de ablandamiento, se expresa como unidades de masa sobre volumen en [mg/L].

Grado	Dureza [mg/L]
Blandas	0-75
Moderadamente duras	75-150
Duras	150-300
Muy duras	>300

Tabla 5. Grado de dureza.

→ **Álcalis:** Son sustancias cáusticas que se disuelven en agua formando soluciones con un pH bastante superior a 7, entre los cuales tenemos amoníaco, hidróxido amónico, hidróxido y óxidos cálcicos, hidróxido de potasio, hidróxido y carbonato potásico, hidróxido de sodio, carbonato, hidróxido, peróxido y silicatos sódicos y fosfato trisódico. Los iones directamente relacionados con los álcalis son el sodio (Na) y el potasio (K). En el hormigón los álcalis pueden formarse por la reacción producida por el hidróxido de calcio al momento de la hidratación del cemento, de igual manera puede originarse de los minerales insolubles del agregado, es decir que provienen de fuentes externas, como por ejemplo del agua empleada para la preparación de hormigón, aditivos, aguas subterráneas o sales alcalinas solubles en los agregados. De esta manera se entiende que los álcalis están presentes en el agua residual procedente del lavado de los camiones de carga del hormigón por la reacción producida por el hidróxido de calcio al entrar en contacto el agua con el cemento. Este parámetro se expresa como unidades de masa sobre volumen en [mg/L] o [ppm].

c. Características Biológicas.

Para el caso de las características biológicas presentes en general para las aguas residuales producto del lavado de camiones mixers y de la actividad de las plantas hormigoneras se puede identificar la posibilidad de presentar diversos microorganismos tales como bacterias, coliformes, virus, protozoos, hongos y algas, entre otros; pero dichas posibilidades de formación de los mismos son reducidas debido a las condiciones de alta alcalinidad que se mencionó anteriormente presentes en las aguas residuales del hormigón, motivo por el cual la extensión o descripción de cada uno de estos son motivo de análisis para otros tipos de tesis.

De todos modos, ciertas condiciones podrían favorecer al desarrollo de las mismas tales como: disminución del pH y alcalinidad, temperatura moderadamente elevada y constante, deficiencia de flujos o corrientes de agua, estancamiento del agua residual por tiempos considerables, aporte de otras fuentes de aguas residuales, entre otras.

1.4.3. Calidad del agua necesaria para la elaboración de hormigón.

Cuando se habla de agua requerida o utilizada para la elaboración del hormigón, se entiende que es toda agua a ser utilizada en los procesos de mezclado (agua de mezcla), curado (agua de curado) y el lavado (agua de lavado), llegando a considerarse además los efectos que puedan llegar a producirse con el agua de “contacto”, es decir, toda agua que por algún motivo tuvo, mantiene o está en contacto con el hormigón y sus componentes.

Tal como lo menciona Balzamo H. et al.²⁶, en el libro “Ese material llamado hormigón” y cito: “La variación del contenido de agua de una mezcla, permite realizar la dosificación del hormigón variando su resistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad y permeabilidad. Por esto el agua, pese a ser el componente de más bajo costo, es un elemento tan importante como el cemento”.

Las reglamentaciones o especificaciones vigentes, establecen las cantidades de “impurezas” presentes en el agua de uso, las cuales pueden ser aceptadas y dependen básicamente del tipo de agua, del tipo de hormigón y el uso de la misma, ya sea como agua de amasado o curado.

Balzamo et al.²⁵ clasifica según el uso, a las aguas para hormigón; a los fines prácticos de la presente tesis, se hace mención a las siguientes clases de aguas:

1.4.3.1. Agua de mezclado.

Se trata del agua incorporada intencionalmente sumado al agua contenida debido a la humedad natural de los agregados. La norma IRAM 1666²⁷ la define como aquella agua que se incorpora en estado líquido o sólido (en forma de hielo) al pastón para su preparación. Posee tres funciones considerando dicho uso:

- ✓ REACCIONAR con el cemento, de modo de garantizar su hidratación.
- ✓ LUBRICAR a los distintos materiales componentes, contribuyendo a la trabajabilidad de la mezcla en estado fresco.
- ✓ ASEGURAR el espacio necesario en la pasta, para el desarrollo de los productos de hidratación.

La cantidad de agua necesaria para alcanzar una adecuada trabajabilidad del hormigón, siempre resulta mayor a la cantidad necesaria para la hidratación completa del cemento, en un orden del 22-25 %.

El Reglamento CIRSOC 201/2005²⁸ considera que el agua potable es apta para mezclado, mientras que la norma IRAM 1601²⁹ establece que la aptitud del agua depende de su origen. Pueden distinguirse las “aguas aptas”, pero sujetas a verificación por ensayo: agua potable, *agua recuperada de procesos de la industria del hormigón*, agua procedente de fuentes subterráneas, agua de lluvia, agua superficial natural, aguas residuales industriales, agua de mar y agua con reemplazo

parcial (agua mezcla) y las “aguas no aptas”, excepto que sean tratadas como el agua residual cloacal.

Mediante la norma IRAM 1601²⁸ se establecen los requisitos físicos y químicos, el muestreo, el instrumental y reactivos para los ensayos, las frecuencias de ensayo y la aceptación de muestras.

a) Requisitos físicos.

Siempre es conveniente ensayar muestras de hormigón o mortero, que contengan el agua en estudio, de modo de comparar la resistencia y la durabilidad con respecto a hormigones elaborados con agua potable.

→ Tiempo de Fraguado.

De acuerdo a las especificaciones de norma IRAM 1619³⁰ el tiempo inicial y final de fraguado, se determinan midiendo la profundidad de penetración de la aguja de Vicat en la pasta de cemento y se comparan los tiempos obtenidos para pastas de cemento elaboradas con agua de estudio con respecto a pastas de cemento elaboradas con agua destilada o desionizada. El tiempo de fraguado inicial debe ser como mínimo 45 minutos y el tiempo de fraguado final debe ser como máximo 12 horas, ambos valores no deben diferir en $\pm 10 \%$ respecto de aquel obtenido con el agua destilada o desionizada.

→ Resistencia a la compresión.

Dicho parámetro se determina sobre probetas prismáticas normalizadas de 4 x 4 x 16 [cm], según las especificaciones de la norma IRAM 1622³¹. La misma determina que los valores de resistencias obtenidas con el agua de estudio no deben generar una pérdida o reducción de la resistencia a la compresión simple a 7 días en un orden del 10 %, en comparación a los valores correspondientes a las probetas elaboradas con agua destilada o desionizada.

b) Requisitos químicos.

Se debe considerar evaluar la cantidad de ciertas impurezas que contienen las aguas para el mezclado del hormigón, tales como azúcar, ácido tánico, materia vegetal, aceites, ácido húmico, sulfatos, ácido carbónico libre, sales alcalinas, gases, pinturas o materiales fertilizantes, que resulten potencialmente perjudiciales, en general que las sustancias que contienen, no puedan generar efectos desfavorables en la masa de hormigón o sobre los componentes de acero. El reglamento CIRSOC 201/2005²⁷ establece que, para el estudio del agua respecto a las cantidades totales de sales, se debe analizar el conjunto agua-agregados-aditivos, considerando la humedad de los agregados, considerando especialmente a los agregados potencialmente reactivos. La norma IRAM 1601²⁸ establece los requisitos químicos del agua de mezclado y curado, según el contenido y el tipo de sustancias, que se pueden encontrar en las aguas de uso para mezclado, indicado en la siguiente tabla:

Requisitos		Unidad	Mínimo	Máximo
Residuo sólido	Agua recuperada de procesos de la industria del hormigón	mg/l	-	50.000
	Agua de otros orígenes	mg/l	-	5.000
Materia orgánica, expresada en oxígeno consumido ¹⁾		mg/l	-	3
pH	Para su uso como agua de amasado	-	4,0	-
	Para su uso como agua de curado	-	6,0	-
Sulfato, expresado como SO ₄ ²⁻		mg/l	-	2.000
Cloruro expresado como Cl ⁻	Para emplear en hormigón simple	mg/l	-	4.500
	Para emplear en hormigón armado	mg/l	-	1.000
	Para emplear en hormigón pretensado	mg/l	-	500
Hierro expresado como Fe ³⁺	Para uso como agua de curado ³⁾	mg/l	-	1
	Para uso como agua de amasado	mg/l	-	1
Álcalis, (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O) ²⁾		mg/l	-	1.500

¹⁾ Si se excede este valor, el agua puede ser utilizada si cumple con los requisitos físicos y químicos establecidos.
²⁾ Esta determinación es aplicable sólo si se espera utilizar agregados potencialmente reactivos.
³⁾ Se debe cumplir sólo cuando es importante el aspecto estético.

Tabla 6. Requisitos químicos del agua de mezclado y curado (norma IRAM 1601).

→ Residuo sólido.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente como los sólidos disueltos y en suspensión presentes en las aguas residuales, se trata del contenido de arcillas, limos, algas, materia orgánica y componentes de cemento, entre otros. De acuerdo con la **Tabla 6** de la norma IRAM 1601²⁸, el contenido máximo de residuos sólidos, de aguas provenientes de procesos de la industria del hormigón (agua de limpieza de mezcladoras, bombas, operaciones de corte, molienda y recorte con agua de hormigón endurecido, agua de lavado de agregados, agua de lavado de planta), es de 50.000 [mg/l], es decir, “agua reciclada del lavado hormigón”; cantidades mayores pueden incrementar la demanda de agua, la contracción por secado o causar eflorescencias (depósitos blancos de sales en la superficie del hormigón endurecido). Uno de los métodos que se indica factible de utilizar para garantizar el uso de agua turbia, es mediante tanques de sedimentación. El reglamento CIRSOC 201/2005²⁷ establece y fija además que, para hormigones de tipo pretensado, la cantidad de TDS debe ser menor a los 500 [mg/l].

→ Materia Orgánica.

Tal como lo menciona Balzamo et. al., la demanda biológica de oxígeno (por sus siglas en inglés, DBO) es del orden 3 [mg/l], siendo ésta la cantidad de oxígeno disuelto que requieren los agentes descomponedores para disociar los materiales orgánicos en un cierto volumen de agua a una cierta temperatura durante un periodo de tiempo específico. Como caso especial a considerar menciona, que la materia orgánica puede disolverse durante el mezclado, debido al pH alcalino que adquiere el agua, al mezclarse con el cemento, retardando el fraguado y el desarrollo de la resistencia, al interferir en los procesos de hidratación del cemento, además puede incorporar cantidades excesivas de aire, con lo cual se reduce la resistencia o favorece la acción de los aditivos incorporadores de aire (suele

utilizarse como fuente química en la industria de la fabricación de aditivos químicos, compuestos orgánicos presentes en las aguas de desecho industrial para la formulación de retardadores de fragüe o incorporadores de aire).

→ **pH.**

Según la norma IRAM 1601²⁹ limita el pH a un mínimo de 4 para el uso de agua de amasado y de 6 para aguas de curado, pero se considera factible la utilización de aguas ácidas para la fabricación de hormigón, pero teniendo especial consideración a factores tales como la variación de los tiempos de fragüe, el endurecimiento del hormigón, ya que las aguas que contienen hidróxido de sodio o potasio, pueden acelerar los procesos de fraguado con la consecuente disminución de la resistencia.

→ **Sulfatos.**

Los sulfatos tales como el sulfato de sodio y de magnesio, producen el incremento de la resistencia para edades tempranas, pero con la consecuente disminución de las mismas con la evolución del tiempo, esto debido a la acción de la combinación del sulfato de calcio presente en el cemento, que se combina durante el proceso de hidratación con el agua, formando sulfoaluminato, el cual al hidratarse genera un aumento de volumen, lo que ocasiona la destrucción del aglomerante endurecido. La norma IRAM 1601²⁸ fija los límites para el contenido de sulfatos presentes en el agua de mezcla. El reglamento CIRSOC 201/2005²⁷ limita el contenido total de sulfatos, al igual que para los cloruros, a los siguientes valores:

Tipo de hormigón	Máximo Sulfatos [mg/l]
Hormigón simple	1.500
Hormigón armado	1.300
Hormigón pretensado	1.300

Tabla 7. Contenidos máximos de sulfatos (CIRSOC 201/2005).

→ **Cloruros.**

Si bien el efecto potencial de los cloruros presentes en el agua de amasado puede resultar imperceptible para el hormigón, en algunos casos hasta puede favorecer procesos tales como el aceleramiento del fragüe y el endurecimiento, para concentraciones de cloruros tales como el ácido clorhídrico del orden del 2 a 3 % respecto al peso del cemento, que forma durante la hidratación un porcentaje reducido de cloruro de calcio; esa misma concentración resulta dañina para el acero, especialmente si el mismo se encuentra en contacto con agua o humedad.

El reglamento CIRSOC 201/2005²⁷ establece el contenido máximo de cloruros solubles en agua admisibles para el hormigón endurecido, considerando el aporte de todos los materiales componentes, incluidos aditivos y adiciones minerales si corresponde, expresados en

relación al contenido de cemento en peso y en correspondencia con el medio o nivel de exposición del hormigón y de acuerdo con los límites fijados por la norma IRAM 1857³².

Tipo de hormigón	Medio de exposición	Contenido de Cloruros [%]*
Sin armar	Cualquiera	1,20
Armado, curado normal	Con cloruros	0,15
Armado, curado normal	Sin cloruros	0,30
Armado curado a vapor	Cualquiera	0,10
Pretensado	Cualquiera	0,06
*El contenido de cloruros es expresado en porcentaje respecto de la masa de cemento.		

Tabla 8. Contenido máximo de ion Cl⁻ en hormigón endurecido (IRAM 1857)

→ Hierro.

Generalmente a causa del almacenamiento en depósitos de acero, el transporte en tanques o a la conducción por cañerías con el tiempo producen la formación de óxido de hierro, las que adquieren elevadas concentraciones de ion hierro (II y III), lo que puede resultar en una coloración significativa del agua, a través del proceso de curado normal del hormigón, debido al aumento de la concentración de tales sustancias y como consecuencia de la evaporación o el goteo lento del agua empleada y a la oxidación de Fe(II) y (III). Para contenidos de ion hierro (II y III) menores a 1 [mg/l] no se produce la coloración apreciable del agua, cuando ésta no contiene materias orgánicas.

→ Carbonatos, bicarbonatos y otras sales orgánicas.

El agua puede disolver el anhídrido carbónico de la atmósfera, materias orgánicas del suelo y de la cal, formando carbonato de calcio, poco soluble y bicarbonato de calcio, el cual es soluble. Durante la hidratación del cemento, éste libera cal, la cual puede ser arrastrada por el agua, incrementándose de manera paulatina la porosidad, la cual afecta sensiblemente la integridad del hormigón. Los carbonatos y bicarbonatos solubles, provocan aceleramientos de los tiempos de fragüe, la norma IRAM 1601²⁸ no limita el contenido de los mismos, pero se debe tener especial consideración a las sales inorgánicas solubles, que puedan afectar al fraguado y el endurecimiento del hormigón, tales como las sales de cinc, cobre, plomo, manganeso y estaño, los fosfatos, arseniatos y boratos, los cuales pueden encontrarse en los desechos industriales, aguas filtradas de procesos mineros o canteras.

1.4.3.2. Agua de lavado.

De manera similar que, para el agua de mezclado, el agua utilizada para el lavado de los agregados y del equipamiento utilizado, no debe contener materiales, en cantidades que produzcan daños a las partículas de los agregados, revestimientos de hormigoneras, mixers y otros equipos.

El agua de lavado proveniente de los camiones mixers o del tambor mezclador fijo, luego de la descarga de hormigón elaborado, puede eventualmente ser usada como agua de mezclado, si

cumple los requisitos antes mencionados en el ítem 1.4.3.1. La norma IRAM 1666²⁶, establece que tanto el agua incorporada para el lavado y el agua resultante de esta, deben cumplir con las exigencias de la norma IRAM 1601²⁸ e IRAM 1857³¹.

Balzamo et.al.²⁵, señala que el desagüe del agua de lavado, como muchos otros tipos de aguas servidas, pueden acarrear problemas significativos, por lo que resulta conveniente mantener un control de la contaminación que ésta genera, regulándola usualmente y que se prohíba la descarga directa de las mismas, en cloacas existentes, lagos y ríos, o en desagües abiertos. Algunas medidas tendientes a solucionar dicha problemática, pueden ser:

- a) Reducir las cantidades de sólidos y otras impurezas en el agua consumida, a un nivel aceptable, por mecanismos de sedimentación, químicos u otros.
- b) Reciclado del agua consumida, lo que resulta de reducir las cantidades de sólidos y otras impurezas a tales niveles, que el agua resulte nuevamente aceptable, para reutilizarla como agua de mezclado, curado o lavado, según los requerimientos de las normas antes mencionadas.

1.4.3.3. Agua reciclada.

Balzamo et. al.²⁵, destaca que resulta posible la reutilización de proporciones significativas de aguas de lavado de la industria del hormigón, así como también el agua combinada del lavado y de lodos resultantes de los procesos de elaboración de hormigones, tendiendo a un ciclo cerrado de una industria libre de desechos y más eficientes. De acuerdo a la composición, las aguas residuales pueden utilizarse solas o en combinación con agua de otras fuentes.

Las consideraciones principales y más significativas respecto al uso de agua reciclada para el mezclado del hormigón se relacionan con los efectos sobre la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad. La idoneidad de estas aguas puede identificarse a partir de registros de usos anteriores o mediante ensayos tales como la evaluación del tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión. Los límites normativos se establecen respecto a la contribución del agua reciclada al contenido total de álcalis, cloruros y sulfatos, de manera de asegurar la durabilidad del hormigón.

En el aspecto internacional, la norma ASTM C-1602³³ establece requisitos físicos y químicos para el agua de mezclado, indicando que cuando ésta se componga de agua no potable, agua recuperada de los procesos de elaboración y producción de hormigón o una combinación de éstas con agua potable, se establecerán frecuencias de control para garantizar su calidad frente a posibles cambios en las características de la fuente. Con respecto a la frecuencia de muestreo o ensayo IRAM 1601²⁸ indica para el primer uso del agua reciclada y luego de forma trimestral, en comparación con el agua potable la cual se realiza anualmente.

1.4.4. Tratamiento de las aguas residuales del hormigón elaborado.

Los procesos de tratamiento de las aguas residuales a aplicar en la industria del hormigón elaborado, no resulta ajeno a las diversas teorías, metodologías y sistemas existentes utilizados comúnmente para el tratamiento de otros tipos de aguas tales como las cloacales, los cuales son posibles de agrupar en diferentes niveles de operación o procesos unitarios para alcanzar niveles de tratamiento adecuados, de acuerdo a ello se puede indicar que los tratamientos básicos a aplicar son:

- Pretratamiento.
- Tratamiento primario.
- Tratamiento secundario.
- Tratamiento terciario.

1.4.4.1. Pretratamiento.

Se trata de la etapa básica de tratamiento de cualquier agua residual y consiste en el proceso de eliminación de sustancias o sólidos, especialmente los de gran tamaño, cuya presencia puede ocasionar problemas de obstrucciones, mantenimiento y/o funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares. La metodología suele incluir la utilización de rejas, tamices, desarenadores, compensadores, separadores de aceites o grasas y la neutralización.

Para el caso de las aguas residuales producto del lavado de camiones mixers y plantas de hormigón, interesan los siguientes pretratamientos:

a) **Desbaste:**

Se la utiliza con el objetivo de eliminar la mayor cantidad de sólidos o elementos extraños presentes en el agua de tamaño relativamente grande, tal como se mencionó anteriormente que puedan resultar perjudiciales a las demás partes del sistema de tratamiento provocando obstrucciones o daños considerables, generalmente ubicados antes de zonas o pozos de bombeo, siendo el método más empleado el uso de rejas de tamaño variables (para rejas gruesas se pueden retener partículas entre 4 a 10 [cm] de diámetro; para rejas medias a finas se pueden retener partículas de tamaño entre 1 a 4 [cm] de diámetro).

b) **Desarenado:**

Este proceso se utiliza comúnmente para la remoción de arena, gravas y sólidos discretos presentes en el agua, con el objeto de evitar obstrucciones o depósitos en los canales y tuberías, proteger contra la abrasión y desgaste de los equipos mecánicos y facilitar la eliminación de los lodos presentes en los tanques de sedimentación.

c) Neutralización:

Se trata del proceso de incorporación o agregado de soluciones ácidas o alcalinas con el objetivo de neutralizar o disminuir el pH de las aguas residuales, previo a su descarga o reutilización. El método comúnmente empleado para neutralizar aguas de tipo ácido (pH bajos) es la incorporación de concentraciones de cal o de hidróxido de sodio. Para el caso de aguas residuales de tipo alcalino (pH elevados) se utiliza comúnmente ácido sulfúrico, ácido clorhídrico o incorporación de dióxido de carbono (para aguas ligeramente básicas).

1.4.4.2. Tratamiento primario.

La función de esta etapa es la de eliminar los sólidos en suspensión y materia flotantes u orgánica y se las lleva a cabo mediante operaciones físicas tales como la homogeneización, el tamizado o la sedimentación.

a) Homogeneización:

Mediante dicho procedimiento se busca obtener una igualdad de caudales y cargas contaminantes. Para el tratamiento de las aguas residuales del lavado de camiones mixers, considerando la homogeneidad del material de una planta y su transporte, resulta del tipo opcional.

b) Sedimentación primaria:

Operación que tiene como función la de separar los sólidos de mayor densidad presentes en las aguas residuales por acción de la gravedad y se la realiza comúnmente en tanques rectangulares o cilíndricos en los cuales es posible la remoción del orden de un 60 a 65 % de los sólidos presentes en el agua.

c) Flotación:

Se trata de la separación de la materia suspendida, sólida o líquida de menor densidad que la del fluido, generalmente utilizada para lograr el espesamiento de suspensiones de barros químicos o biológicos.

d) Filtración primaria:

Empleada específicamente para remover las partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua residual, la cual pasa por un medio filtrante comúnmente poroso los cuales son retenidos.

1.4.4.3. Tratamiento secundario.

Este tipo de tratamiento se utiliza para la remoción de materia orgánica coloidal y disuelta en las aguas residuales. Tal como se mencionó en el ítem 0 apartado c) Características biológicas del agua reciclada de la industria del hormigón elaborado, dichas aguas no poseen o carecen de materia orgánica alguna, por lo que los procesos de tratamiento de las mismas se enfocan en la remoción de sólidos disueltos y suspendidos, neutralización entre otros.

1.4.4.4. Tratamiento terciario.

Este tipo de tratamiento, también conocido como tratamiento avanzado, tiene por objetivo el mejoramiento de la calidad del efluente proveniente de la etapa de tratamiento secundario, es decir, la remoción de contaminantes específicos. Los procesos incluyen el intercambio iónico, la adsorción, microfiltración, ultrafiltración y/o la utilización de membranas cerámicas. Al tratarse de procesos específicos, al igual que los tratamientos de tipo secundario no resultan necesarios para la reutilización o recuperación de agua residual producto del lavado de camiones y de planta para la elaboración de hormigón.

1.4.5. Tratamiento de aguas residuales en planta elaboradora Empresa Vecchio S.R.L.

La empresa en la cual se procederá a intervenir para la aplicación de un sistema de tratamiento y recuperación de las aguas residuales producto del lavado de camiones mixers y de planta elaboradora de hormigón, es la empresa Vecchio S.R.L., ubicada en la ciudad de Concordia, provincia de Entre Ríos, Argentina, fundada en el año 1995, siendo actualmente uno de los proveedores de hormigón principales en dicha ciudad. La empresa cuenta con una producción mensual del orden de los 1000 a los 1500 [m³] mensuales, compuesta por una flota de 10 camiones mixers, cuyos procesos actualmente responden a los procesos de elaboración en MODO I según CIRSOC 201/2005²⁷ y bajo certificación ISO 9001:2015 para la gestión de la calidad. La planta al momento de ejecución del presente proyecto no cuenta con un sistema de tratamiento y recuperación del agua residual y de los agregados gruesos, producto del lavado de camiones mixers o del lavado de planta, se cuenta únicamente con una única pileta de vertido de efluentes del lavado, sin tratamiento para su disposición final (ver Imagen 4 e Imagen 5).



Imagen 4. Pileta actual de depósito de agua residual. (Fotos cortesía archivo de la empresa Vecchio SRL)

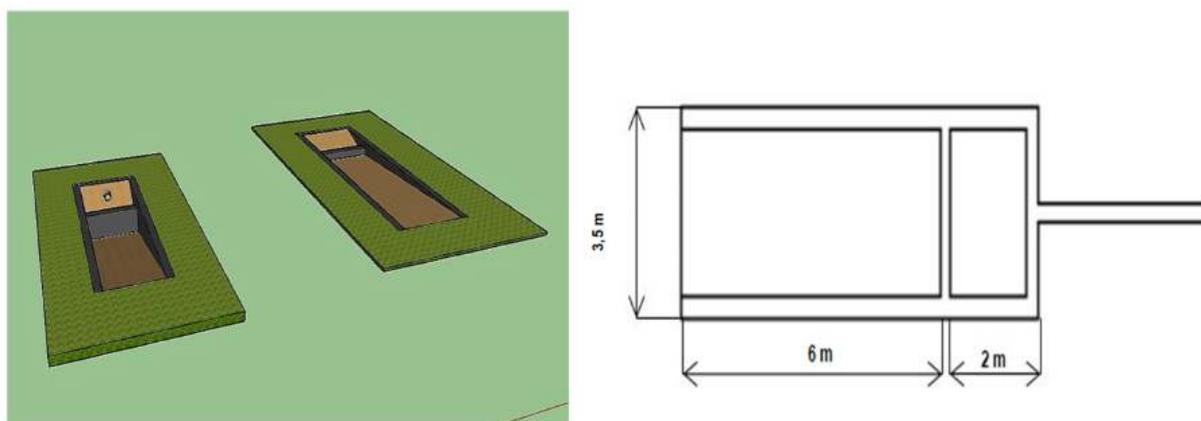


Imagen 5. Boceto de diseño anteproyecto de pileta de lavado. (Foto cortesía archivo de la empresa Vecchio SRL)

El objetivo principal del tratamiento de las aguas residuales en la planta de la empresa Vecchio S.R.L. tiene como objetivo adicional conseguir una recuperación máxima del agua de desecho producto del lavado de los camiones mixers y de la planta, al igual que de los agregados gruesos, para reincorporar dichos materiales al proceso de fabricación del hormigón, como así también a los procesos de lavado de planta, optimizando y disminuyendo el consumo de agua de potable para tareas de elaboración y lavado.

1.4.5.1. Separación de materiales.

En esta primera etapa, se prevé la separación de los materiales sólidos de los líquidos, específicamente para la recuperación del agregado grueso. Para ello se dispondrá de un dispositivo decantador, formado en un extremo por una tolva principal de descarga la cual contiene agua, en la cual el camión mixer deposita los residuos luego del transporte-descarga del hormigón; una vez en la tolva a través de un tornillo sinfín helicoidal accionado por un motor eléctrico, que a su vez posee una pendiente respecto a la tolva, los áridos o materiales sólidos son separados del agua residual y son arrastrados mediante dicho tornillo al extremo opuesto de la tolva, donde son depositados para ser secados y acopiados posteriormente para su reutilización.

El agua residual resultante a través de gravedad es depositada en la primera pileta del sistema, denominada *pileta de homogeneización*, que además se la hace recircular para mantener la operación de lavado y separación de los sólidos.

1.4.5.2. Homogeneización y sedimentación primara de efluentes.

Luego de la separación primaria de los materiales sólidos y líquidos, éstos últimos son depositados en una pileta de homogeneización de efluentes, en la cual el agua residual proveniente del lavado, que contiene partículas de cemento conformando una lechada cementicia es mezclada con agua del lavado de planta y agua recuperada, con el fin de evitar concentraciones de lodos. En caso de existir o que se formen lodos cementicios, los mismos son extraídos de la pileta luego de un cierto periodo de tiempo de sedimentación y son depositados en una losa o pileta de secado de lodos, para luego ser transportados o depositados en los acopios correspondientes para luego utilizarlos como rellenos. El agua residual homogeneizada y uniforme luego por gravedad es transportada de la pileta de homogeneización a la segunda pileta de sedimentación o de sedimentación secundaria.

1.4.5.3. Sedimentación Primaria.

Consiste en el depósito por medio de gravedad en la pileta de sedimentación primaria, la cual como se explicó anteriormente, es utilizada para la separación de partículas que se encuentran suspendidas en el agua de desecho y que no fueron separadas en la etapa inicial a través del decantador en la tolva de descarga. Esta pileta no posee flujo apreciable o significativo, motivo por el cual se busca sea casi estanca, de modo de que exista reposo del agua residual, de este modo por acción de la gravedad los sólidos suspendidos precipitan al fondo de la pileta, la cual posee una pendiente del orden del 10%, y su tamaño considerable, formándose con el tiempo (efecto de permanencia) un manto de lodos y en superficie el agua se clarifica. La sedimentación en esta pileta posee una velocidad mayor puesto que al ser primaria, la densidad de las partículas y el tamaño son significativos, además el tiempo de permanencia de las partículas en la instalación debe ser mayor al tiempo en el que las partículas descienden al fondo. Luego el agua clarificada, que aún posee sólidos en suspensión de menor densidad y tamaño son depositados por gravedad en la pileta de sedimentación secundaria. La forma de la pileta será de forma rectangular y la alimentación o descarga será a través de “vertederos rectangulares” ubicados en los laterales.

Se pueden diferenciar de forma básica dos formas de sedimentadores:

→ **Depósitos circulares:** generalmente utilizados para caudales elevados, con sedimentación significativa, tales como sedimentadores para sistemas de agua potable; el ingreso del agua cruda se da por el centro del sedimentador o pileta, el agua clarificada egresa del proceso a través de un vertedero triangular, mientras que el sedimento o lodo es retirado por procesos de bombeo por la parte inferior de la pileta (Imagen 6).

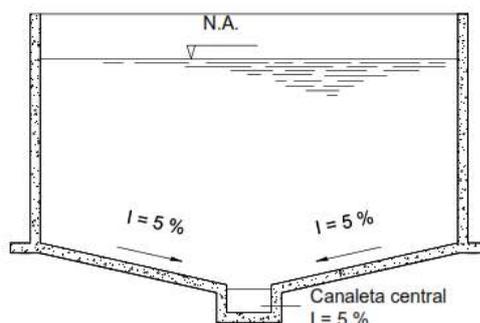


Imagen 6. Sedimentador convencional circular de limpieza manual.³⁵

→ **Depósitos rectangulares:** este tipo de decantador es del tipo “ideal” según su forma y ciertas hipótesis propuestas por Hazen en 1904³⁵, quien propuso la modelación matemática de decantadores de escurrimiento horizontal. Generalmente utilizados para bajos caudales de ingreso y sedimentación apreciable.

Hipótesis:

- a) El decantador es un tanque ideal, es decir que la sedimentación se produce sin interferencias externas al fenómeno.
- b) El escurrimiento es continuo y no turbulento.
- c) Las partículas son discretas con igual velocidad de sedimentación.
- d) La sedimentación de una partícula cualquiera es libre, es decir, no hay interferencia de una de ellas en la sedimentación de la otra.
- e) No existe resuspensión de partículas depositadas en el fondo del tanque.

Según dicho autor, el sedimentador rectangular ideal se puede dividir en cuatro zonas distintas (Imagen 7):

- ❖ Zona de entrada: destinada a distribuir uniformemente el afluente en la sección transversal del tanque.
- ❖ Zona de sedimentación: donde las características hidráulicas del escurrimiento permiten la deposición de las partículas.
- ❖ Zona de barro: destinada a almacenar temporariamente las partículas removidas.
- ❖ Zona de salida: destinada a recolectar uniformemente el agua decantada.

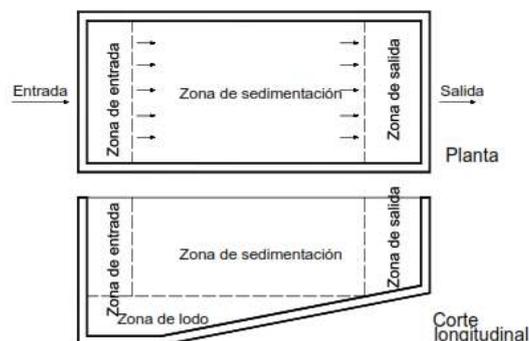


Imagen 7. Esquema en planta y corte de un sedimentador ideal.

Variables que afectan a la sedimentación:

a) Corrientes de densidad:

Son las corrientes que se producen dentro del tanque por efecto de las diferencias de densidad en la masa de agua y son ocasionadas por un cambio de temperatura (térmica) y/o por diferencias en la concentración de las partículas suspendidas en las distintas masas de agua (de concentración).

b) Corrientes debidas al viento:

El viento puede producir corrientes de suficiente intensidad como para inducir cambios en la dirección del flujo.

c) Corrientes cinéticas:

Pueden ser debido al diseño impropio de la zona de entrada o de salida (velocidad de flujo excesiva, zonas muertas, turbulencias) o por obstrucciones en la zona de sedimentación.

1.4.5.4. Dimensionamiento del sedimentador.

Para determinar las dimensiones del sedimentador se parte de considerar el tiempo que tarda en sedimentar la partícula más desfavorable ubicada en la superficie de la lámina líquida al inicio de la zona de sedimentación (t_{so}), luego la velocidad de sedimentación está determinada por el parámetro U_{so} y el tiempo que tarda en desplazarse horizontalmente dicha partícula por el sedimentador, es identificado como t_d , llamado "tiempo de residencia". Dicha partícula considerada discreta describe una serie de trayectorias teóricas supuestas según Hazen (para más detalle véase "Guía para la presentación de proyectos de agua potable". Cap.VII-08. Pág. 8-10 - ENOHSA, 2013).

$$t_d = \frac{L_d}{U_e}$$

Ecuación 1.

Siendo:

- L_d : Longitud de la zona de sedimentación [m].
- U_e : Velocidad media horizontal del escurrimiento [m/s].

De acuerdo a lo descripto por Hazen (1904)³⁴ el “tiempo de residencia”, es decir, el tiempo que tarda el agua en pasar a través de la estructura de sedimentación, o de manera más precisa, el cociente entre la capacidad del tanque y la cantidad de agua de ingreso, expresado en la unidad de tiempo, es el parámetro fundamental para dimensionar o expresar el tamaño de un sedimentador. Dicho concepto es actualmente uno de los más importantes al momento de diseñar un tanque sedimentador, al tratarse de un parámetro el cual define el tiempo mínimo de permanencia de las partículas dentro de la unidad de tratamiento.

En la sedimentación ideal de partículas discretas, según el modelo de Hazen el escurrimiento se realiza sin turbulencia, ausencia de corrientes secundarias (de densidad y de origen térmico) y no existe acción de vientos y cortocircuitos, de modo que resulta:

$$t_{so} = t_d \Rightarrow C_{so} = \frac{Q}{A_s}$$

Ecuación 2

Dicho cociente, se define como la *velocidad de sedimentación o carga superficial*, el cual indica que el tiempo que el agua tarda en desplazarse por el sedimentador es el mismo que el tiempo que tardan en sedimentar las partículas de velocidad C_{so} que deben ser removidas.

Tal como lo detalla Ordoñez (2015)³⁵, se asigna el concepto de “carga superficial” a la velocidad que experimenta una partícula sólida, durante su trayectoria desde la posición A, en el inicio de la zona de sedimentación, hasta la posición C, justo antes de la zona de salida, como puede observarse en la **Imagen 8**, es decir la velocidad crítica mínima de sedimentación.

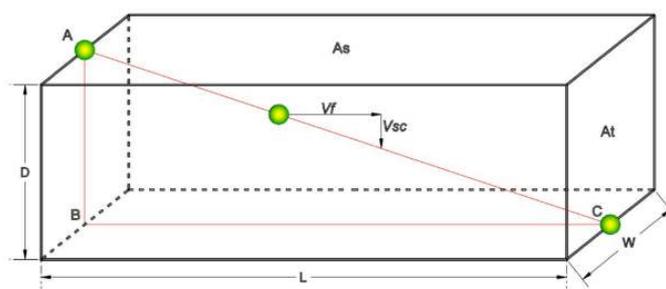


Imagen 8. Trayectoria de partícula discreta en zona de sedimentación.

La teoría de Hazen resultó importante al demostrar que la eficiencia de la remoción de partículas discretas es función del área superficial del tanque A_s y es independiente de la profundidad H_s y del tiempo de detención T_d . Como consecuencia de ello, ese autor previó la posibilidad de la subdivisión horizontal del tanque con aumento de la eficiencia de remoción, aunque admitió la dificultad de su limpieza con tal configuración.

Tipo de material	Diámetro de partículas	Carga Superficial	Velocidad de Decantación
	[mm]	[m ³ /día.m ²]	[mm/s]
Gravas	0,6	5443	63
	1	8640	100
	10	86400	1000
Arenas gruesas	0,06	328	3,8
	0,1	691	8
	0,2	1814	21
	0,4	3629	42
Arenas finas	0,01	13	0,154
	0,02	54	0,62
	0,04	181	2,1
Limos y Arcillas	0,004	2	0,0247

Tabla 9. Valores de cargas superficiales generales.

En la **Tabla 10** se indican a modo de resumen los criterios de diseño básicos para el dimensionamiento de tanques sedimentadores convencionales, según diferentes autores. A partir de dichos criterios se efectuará el análisis del cálculo para el diseño de los sedimentadores, enfocado en el comportamiento hidráulico de las unidades de tratamiento, con el objetivo de determinar la eficiencia del sedimentador planteado.

Parámetro	Unidad	OPS/CEPIS (2005)	Crittenden (2012)	Kawamura (2000)	Romero (2000)	Arboleda (2000)
Período de diseño	Años	8 a 16	-	-	-	-
Período de operación	h/día	24	-	-	-	-
Número mínimo de tanques	Un	2	2	2	2	2
Profundidad del agua	m	1,5 a 2,5	3 a 5	3 a 4,5	>3	-
Velocidad media del flujo	m/min	-	0,3 a 1,1	0,3 a 1,1	0,25 a 1,5	0,33
Tiempo de retención	h	2 a 6	1,5 a 4	1,5 a 4	2 a 4	-
Carga superficial	m ³ /(m ² .día)	2 a 10	1,25 a 2,5	1,25 a 2,5	0,64 a 0,92 (floc alumbre) 0,75 a 1,125 (floc polímero)	0,8 a 2,5
Relación Largo-Ancho (L/B)	Adim.	3:1	15:1	4:1 (mínimo)	4:1	2,5:1
						4:1
						5:1
						10:1
Coefficiente de relación Largo-Ancho	Adim.	3 a 6	-	-	-	-
Relación Largo-Profundidad (L/H)	Adim.	5:1	15:1	15:1 (mínimo)	4:1	5:1
						25:1
Coefficiente de relación Largo-Alto	Adim.	5 a 20	-	-	-	-
Pendiente del fondo de la unidad	%	5 a 10	-	-	-	-
Número de Reynolds	Adim.	-	<20.000	25.000	2.000 a 20.000	2.000 a 20.000
Número de Froude	Adim.	-	>1x10 ⁻⁵	1x10 ⁻⁶	-	-

Tabla 10. Criterios de diseño sedimentador rectangular.

→ **Área del sedimentador.**

Se trata de la superficie en la cual, debido a la acción de la gravedad, los sólidos en suspensión que se encuentran en el agua residual precipitan hacia el fondo del sedimentador, permaneciendo allí hasta su posterior disposición o remoción. Para determinar el área del sedimentador, expresado en [m²], se emplea la carga superficial, es decir:

$$C_{so} = \frac{Q}{A_s} \Rightarrow A_s = \frac{Q}{C_{so}}$$

Ecuación 3

Siendo:

- Q : Caudal de diseño [m³/día].
- C_{so} : Carga superficial [m/día].
- A_s : Área superficial de la zona de sedimentación [m²].

Para la determinación del caudal de diseño, se parte de los valores obtenidos de la evaluación experimental (véase capítulo II. Tabla 20) de las cantidades diarias de agua residual generadas, el cual resulta afectado además por un coeficiente de seguridad, que depende del grado de incertidumbre o desvío respecto a los valores de datos estadísticos de medición de caudal (varía entre 1,10 a 3,00), considerando que en los meses de mayor consumo de hormigón se puede duplicar la producción, luego el caudal de diseño resulta:

$$\Rightarrow \text{Caudal de diseño} = Q_D = Q_{MD} \times FS$$

Ecuación 4

Siendo:

- Q_{MD} : Caudal medio diario [$m^3/\text{día}$].
- FS: Factor de seguridad.

→ **Longitud del sedimentador:**

Se establece en primer lugar el ancho efectivo del sedimentador y se determina la longitud de la zona de sedimentación. Para ello se selecciona el ancho efectivo en función de la necesidad de limpieza periódica del mismo, para lo cual se plantea la utilización de mecanismos manuales, es decir, el acceso de una máquina tipo pala cargadora, de modo que tenga fácil acceso.

Conocido el ancho B_s del sedimentador, el área del mismo y la relación de lados horizontal (L/B), resulta:

$$\frac{L_s}{B_s} = \frac{2,5}{1} \Rightarrow L_s = 2,5 \cdot B_s$$

Ecuación 5

$$\Rightarrow A_s = L_s \cdot B_s = 2,5 \cdot B_s \times B_s = 2,5B_s^2 \Rightarrow B_s = \sqrt{\frac{A_s}{2,5}}$$

Ecuación 6

Luego la longitud del sedimentador, considerando a su vez la relación en el largo (L_s), ancho (B_s) y profundidad (H_s) de la zona de sedimentación, la cual debe ser constante, expresada en [m], resulta:

$$L_s [m] = \frac{A_s}{B_s}$$

Ecuación 7

Siendo:

- L_s : Longitud del sedimentador [m].
- B_s : Ancho del sedimentador [m].

→ **Profundidad del sedimentador:**

Conocidas las dimensiones en planta del sedimentador, se determina la mayor profundidad del mismo, es decir aquella que resulta óptima, partiendo de la relación longitud/altura resulta:

$$\frac{L_{s\text{útil}}}{H_{s\text{útil}}} = \frac{5}{1} \Rightarrow H_{s\text{útil}}$$

Ecuación 8

Se trata de la dimensión vertical máxima del sedimentador, calculada a partir del nivel del borde inferior hasta el nivel superior de la lámina de agua por sobre el borde de la longitud del sedimentador, de modo que se debe considerar, en caso de existir, la pendiente del fondo del tanque. La altura del sedimentador, expresada en [m], resulta igual a:

$$H' = H_s + x \cdot H_s$$

Ecuación 9

Siendo:

- H' : altura máxima del sedimentador [m].
- H_s : altura útil del sedimentador [m].
- x : pendiente del fondo del sedimentador [%].

De acuerdo con la “Guía para la presentación de proyectos de agua potable” (Cap.VII-08. Pág. 21 - ENOHS, 2013), la altura de la zona de sedimentación H_s , se calcula en base al periodo detención, es decir:

$$H_s [m] = \frac{V_s}{A_s} = \frac{t_d \cdot Q}{A_s}$$

Ecuación 10

Dicho periodo de detención se encuentra relacionado con la velocidad de carga superficial (V_s) y las condiciones de operación de la planta. En la **Tabla 11** se observan los valores comúnmente adoptados en la práctica para el diseño de sedimentadores.

Carga Superficial (m ³ /m ² .día)	Periodo de Detención (h)
15 - 20	3.5 - 4.5
20 - 30	3.0 - 4.0
30 - 40	2.5 - 3.5
40 - 50	2.0 - 3.0
50 - 60	1.5 - 2.5

Tabla 11. Periodo de detención en función de la carga superficial.

La Norma Brasileira NB-59236 recomienda que cuando no sea posible realizar ensayos de laboratorio para determinar la velocidad de sedimentación (V_s) para el proyecto de dimensionado de sedimentadores, las velocidades a utilizar serán las siguientes:

Descripción	Velocidad de diseño
Plantas con capacidad de hasta 1000 m ³ /día	1,74 cm/min (25 m ³ /m ² .día)
Plantas con capacidad entre 1000 m ³ /día y 10000 m ³ /día, en que sea posible asegurar un adecuado control de operación.	2,43 cm/min (35 m ³ /m ² .día)
En caso contrario:	1,74 cm/min (25 m ³ /m ² .día)
Plantas con capacidad superior a 10000 m ³ /día	2,80 cm/min (40 m ³ /m ² .día)

Tabla 12. Velocidades de sedimentación. Norma Brasileira NB-592.

La velocidad horizontal se puede definir como la relación que se establece entre la distancia horizontal que recorre una partícula sólida en la longitud del sedimentador desde su ingreso al mismo y el tiempo que emplea en dicho recorrido y se puede expresar como sigue:

$$\vec{v}_h [m/s] = \frac{Q}{B_s \cdot H_s}$$

Ecuación 11

→ **Volumen del sedimentador:**

Determinadas la extensión lineal del sedimentador, es decir su longitud (L_s), el ancho (B_s), la profundidad (H_s) y la superficie (A_s), es posible determinar o dimensionar el volumen básico o “líquido”, el cual resulta como:

$$V_s [m^3] = L_s \cdot B_s \cdot H_s = L_s \cdot A_s$$

Ecuación 12

→ **Vertederos de salida:**

La zona de salida del efluente generalmente está materializada mediante vertederos de sección rectangular o por conductos perforados cuyo objetivo es recolectar el efluente, sin alterar la sedimentación de las partículas que se encuentren en estado estacionario sobre el fondo del sedimentador, motivo por el cual dicha zona debe ser capaz de proveer una transición laminar entre la zona de asentamiento y el flujo del efluente.

La altura del vertedero de salida estará determinada por la siguiente relación:

$$H_v = \left[\frac{Q}{1,84 \cdot B_s} \right]^{2/3}$$

Ecuación 13

Siendo:

- H_v : Altura del vertedero de salida [m].
- Q : Caudal de diseño [m³/h].
- B_s : ancho del sedimentador [m].

→ **Remoción de sólidos:**

La remoción de sólidos (barros, lodos, fangos, etc.) se puede realizar de forma continua, semicontinua o periódica. Luego el porcentaje de sólidos totales suspendidos que han sido removidos del agua residual por medio de la sedimentación, se expresa en porcentaje y se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$R_{st} = \frac{T_{rh}}{a + b \cdot T_{rh}}$$

Ecuación 14

Siendo:

- R_{st} : remoción de sólidos [%].
- T_{rh} : tiempo de retención hidráulica [h].
- a, b : constantes empíricas (dependientes de la DBO y SST).

Variable	CONSTANTES	
	a	b
DBO	0,018	0,020
SST	0,008	0,014

Tabla 13. Valores de constantes empíricas a y b.³⁷

El tiempo de retención hidráulica se define como el periodo máximo que una partícula sólida, con la menor velocidad de sedimentación tarda en llegar hasta el fondo, motivo por el cual es directamente dependiente de la profundidad del tanque sedimentador, es decir la altura del pelo de agua, expresada en horas. Para la determinación del tiempo de retención se emplea la siguiente relación:

$$T_{rh}[h] = T_0 = \frac{A_s \cdot H_s}{Q}$$

Ecuación 15

1.4.5.5. Sedimentación secundaria.

Al igual que la anterior etapa de sedimentación primaria, se realizará una segunda sedimentación mediante una pileta adicional, la cual recibe mediante gravedad el agua residual con la menor cantidad y tamaño de sólidos en suspensión, motivo por el cual la pendiente de la misma es menor, puesto que los tiempos de decantación de las partículas son menores y en consecuencia el tiempo de permanencia del agua en la pileta se reduce. Una vez sedimentadas las partículas restantes el agua residual clarificada es transportada mediante gravedad a través de vertederos rectangulares ubicados a los lados de la misma a la pileta de filtración principal. A los efectos del mantenimiento se plantean dos unidades adicionales de sedimentadores en paralelo, de menores dimensiones que el sedimentador principal.

Para determinar el caudal de aporte del sedimentador primario a los sedimentadores secundarios se parte de considerar la ecuación para el cálculo de caudal para secciones rectangulares en vertederos de pared gruesa, para el vertedero del sedimentador principal como sigue:

$$\Rightarrow e \geq 0,67 \cdot H_v \rightarrow \text{Vertedero de pared gruesa}$$

$$\Rightarrow b_v < B_s \rightarrow \text{Vertedero con contracciones}$$

$$\Rightarrow Q_{D2} = \varepsilon_1 \cdot C_D \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot b \cdot h^{3/2}$$

Ecuación 16

Siendo:

$$\rightarrow \varepsilon_1 = 0,70 + \frac{0,185}{e/H}; \text{ con } e/h \leq 3 \text{ (coeficiente de reducción de Bazin).}$$

$$\rightarrow \varepsilon_1 = 0,75 + \frac{0,100}{e/H}; \text{ con } e/h \leq 10 \text{ y vertederos con descarga libre.}$$

$$\rightarrow C_D = 0,6035 + 0,0813 \cdot \left(\frac{H_v + 0,0011}{H_s} \right) \text{ (Ecuación de Rehbock).}$$

$$\rightarrow g = 9,81 [m/s^2] \text{ (aceleración de la gravedad)}$$

1.4.5.6. Filtración principal.

El agua residual clarificada, será sometida a un proceso de filtración primaria, empleando un medio poroso, a través del cual se hará pasar la misma con el fin de reducir la mayor cantidad de sólidos en suspensión que queden luego de los procesos anteriores de sedimentación y separación.

Cuando el agua clarificada (el lector puede observar se habla de agua clarificada y ya no más agua residual) sale de un sedimentador, la misma generalmente presenta partículas suspendidas y disueltas cuyos tamaños son relativamente grandes, variando desde 1 [mm] hasta partículas de tamaño coloidal, dichas partículas solo pueden ser removidas mediante un proceso de retención o filtración. Para el caso del sistema en cuestión se utilizará un mecanismo de filtración físico, el cual funcionará mediante una operación de tipo “trampa y/o cernido”, mecanismo mediante el cual las partículas suspendidas en el agua residual son de mayor tamaño que los poros del lecho filtrante, quedando atrapadas las partículas en los intersticios, de esta manera se conformará un filtro de baja carga superficial, también denominados “filtros lentos” en diferentes medios porosos (arena, antracita, zeolita, etc.), empleando un único medio filtrante, es decir un “lecho simple” con flujo descendente el cual trabajará por gravedad de acuerdo con la carga hidráulica del lecho filtrante.

Filtración lenta – descripción general:

En la “Guía para la presentación de proyectos de agua potable”³⁸ (ENOHSA - Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento, 2013), se define a la filtración lenta, a aquella filtración convencional sin pretratamiento, la cual es aplicable para el caso de aguas superficiales cuando en el 80 % del tiempo el color aparente y la turbiedad no excedan respectivamente 20 UPC (Unidades de Platino-Cobalto) y 20 UNT (Unidad Nefelométrica de Turbidez). El filtro lento se caracteriza específicamente por su alta eficiencia en la remoción de microorganismos, el uso del mismo ha sido aceptado de forma global como un método normal de potabilización. No debe utilizarse la filtración lenta con dosificación de productos químicos. Sólo en caso de emergencia puede utilizarse un proceso de coagulación-floculación-decantación, con un presedimentador previo a la filtración para picos excepcionales de turbiedad.

La filtración lenta se caracteriza por los menores costos de operación y los mayores costos de inversión respecto a la filtración rápida. Para aumentar el rango de aplicación en cuanto a la calidad de agua cruda y facilitar la operación de limpieza, se puede prever la incorporación de mantas sintéticas. Asimismo, la variabilidad estacional de la turbiedad del agua cruda puede hacer necesaria la previsión de un pretratamiento, constituido usualmente por un filtro grueso de grava y arena gruesa o, eventualmente por un presedimentador. Las distintas alternativas disponibles, en función de las características del agua cruda, para un proceso de potabilización mediante filtración lenta, pueden sintetizarse así:

Parámetros básicos del agua cruda	Valores máximos para tecnologías sin coagulación química				
	Filtración lenta solamente	Filtración lenta con mantas sintéticas	Filtración gruesa + filtración lenta	Filtración gruesa + filtración lenta con mantas sintéticas	Filtración dinámica de grava + filtración gruesa + filtración lenta con mantas sintéticas
	FL solamente	FL con MS	FG + FL	FG + FL con MS	FD + FG + FL con MS
Turbiedad (UT)	10	10	25	50	100
Color verdadero (ua)	5	5	5	5	10
DBO ₅ (mg/L)	5	5	10	10	10
Coliformes totales (NMP/100 ml)	1.000	2.000	5.000	10.000	20.000
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	500	500	1.000	3.000	5.000
Densidad algal (UPA/ml)	250	250	1.000	1.000	2.000
Oxígeno disuelto (mg/L)	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4	≥ 4
Hierro total (mg/L)	1	3	3	3	3
Manganeso (mg/L)	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5
Sustancia potencialmente perjudicada a la salud pública	Corresponden a valores máximos establecidos en Normas de Potabilización				

Tabla 14. Métodos y técnicas de tratamiento de agua. De Luis Di Bernardo-ABES 1993.³⁹

Referencias:

- FD: filtración dinámica con manto de grava.
- FG: filtración gruesa con manto de grava o arena gruesa.
- FL: filtración lenta de arena, con o sin manta sintética sobre la superficie filtrante.
- MS: manta sintética.
- D: desinfección del efluente filtrado que debe aplicarse en todos los casos.
- N: neutralización del pH cuando los valores superen o sean inferiores a los límites establecidos en Normas de Potabilización.

Se puede indicar que no hay otro proceso sencillo y económico que pueda mejorar la calidad física, química y bacteriológica de aguas superficiales con bajas concentraciones de turbiedad y color. En el filtro lento convencional, el agua desciende a través de un manto de material poroso o granular graduado, básicamente un manto de arena que descansa sobre un manto de grava, para ser recogida en la parte inferior de una caja filtrante, el material retenido es almacenado en la capa superior del filtro, la cual debe ser removida o rastrillada periódicamente.

La parte más importante de una caja de filtro lento convencional se compone de los siguientes sectores en el sentido descendente del caudal a filtrar (ver Imagen 9. Vista en corte de caja de filtro lento convencional.):

- Capa de agua residual o sobredrenante. Generalmente con una profundidad del orden de 1,50 [m].
- Manto de material granular fino (ejemplo arena silícea). Capa donde se produce el proceso de filtración.

- Falso fondo de material granular grueso (Ejemplo grava o gravilla graduada). Capa de soporte del material granular fino.
- Sistema de drenes, los cuales reciben el agua filtrada.

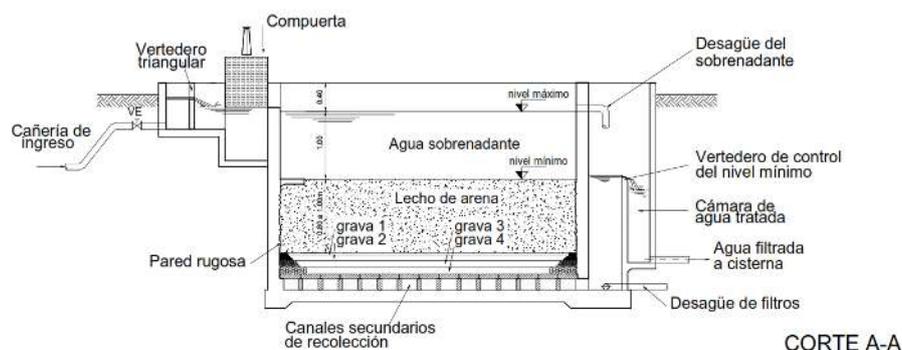


Imagen 9. Vista en corte de caja de filtro lento convencional.

1.4.5.7. Dimensionamiento del filtro lento.

→ Velocidad de filtración de diseño:

Es el parámetro básico en el diseño y operación de los filtros lentos convencionales. Se puede admitir mayores velocidades cuando se proyecta pretratamiento, siempre que se garantice la calidad aceptable en el efluente final. O sea que el parámetro de diseño dependerá de la calidad de la fuente de agua a tratar.

Existen diferentes criterios para la adopción de dicho parámetro según cada autor, generalmente se aconseja no superar el valor de 0,10 [m/h] cuando se proyecta únicamente filtración lenta y en las limpiezas de la unidad, puede funcionar un solo filtro.

O sea que valores entre 0,10 y 0,15 [m/h] contemplan varias situaciones más comunes del agua a tratar, especialmente por seguridad. Valores mayores hay que justificarlos.

→ Superficie filtrante requerida:

La superficie o área filtrante de cada unidad se trata de una función del caudal de diseño (Q_{Dn} ; en $m^3/día$), de la velocidad de filtración ($U_f = q_f$; en $m^3/día.m^2$), del número de unidades (N_f) y del número de horas diarias de funcionamiento (N_h) (normalmente turnos de 8 [h/día]). Luego la superficie de cada filtro de la batería será:

$$A_f = \frac{24 \cdot Q}{N_f \cdot N_h \cdot q_f}$$

Ecuación 17

Se estima un valor ideal de la superficie filtrante (A_f) de 50 [m^2], y un máximo de 200 [m^2] para evitar problemas en la distribución del flujo y mayores costos operativos.

→ **Número de unidades filtrantes:**

El número de módulos hace referencia a la cantidad de unidades que se emplearán para la filtración, este parámetro depende del caudal. En plantas pequeñas el número mínimo es generalmente dos, pero pudiendo seleccionar incluso uno, en plantas grandes el número mínimo de filtros es de cuatro unidades. Azevedo Netto, en su manual de hidráulica⁴⁰, sugiere la siguiente forma práctica calcular la cantidad de unidades filtrantes:

$$N_f = \frac{1}{4} \sqrt{Q}$$

Ecuación 18

Siendo:

- N_f : número de filtros.
- Q : caudal de diseño [$\text{m}^3/\text{día}$].

Estableciendo como la cantidad mínima de unidades igual a dos (2) en función de la población.

→ **Conformación de la caja de cada filtro:**

De acuerdo con la forma en planta, se puede clasificar a los filtros como circulares o rectangulares, siendo ésta última la forma comúnmente utilizada.

De acuerdo con el Manual II “Filtración Lenta” del CEPIS⁴¹, para las cajas rectangulares resulta:

$$A_f = L_f \cdot B_f = \text{área de cada caja } [\text{m}^2]$$

Ecuación 19

Siendo:

- $L_f = \left(\frac{A_f}{K}\right)^{1/2}$ = longitud de cada unidad [m].
- $B_f = \left(A_f \cdot K\right)^{1/2}$ = ancho de cada unidad [m].
- $K = \frac{2 \cdot N_f}{N_f + 1}$ = relación de mínimo costo [adimensional].

El coeficiente de mínimo costo se define como la relación que existe entre la longitud y el ancho del filtro. Una forma simplificada de determinar dicho coeficiente es mediante la siguiente expresión:

$$K = \frac{L_f}{B_f}$$

Ecuación 20

Las paredes de las cajas de filtros generalmente son verticales o en talud cuando el terreno lo permita, con el fin de confeccionar estructuras más económicas la altura total de la caja de filtro puede variar entre 2,35 [m] y 2,70 [m].

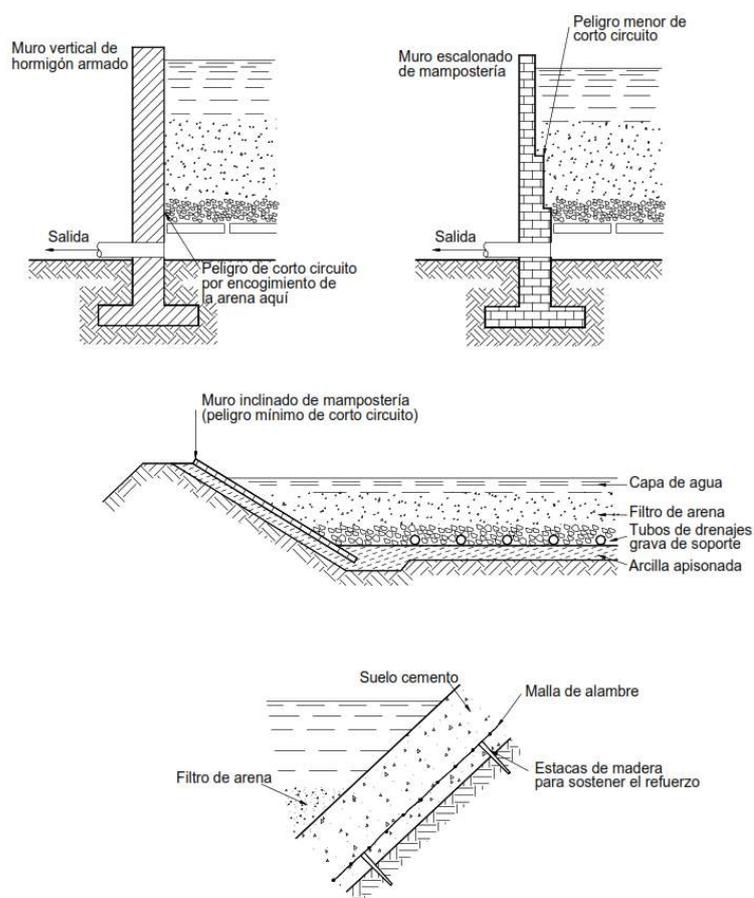


Imagen 10. Detalle de cajas de filtros.

→ **Altura del filtro:**

Se trata de la dimensión vertical máxima de la unidad de filtración, calculada desde el borde inferior hasta el borde superior de dicha unidad, incluyéndose la altura de la capa de agua, altura del lecho filtrante, altura de la capa de soporte y la altura del drenaje.

$$H_F = H_{CA} + H_a + H_{CS} + H_D$$

Ecuación 21

Siendo:

- H_F : altura del filtro [m].
- H_{CA} : altura del agua o capa de agua sobredrenante [m].
- H_a : altura del lecho filtrante o material de filtro [m].
- H_{CS} : Altura de la capa de soporte [m].
- H_D : altura de la capa de drenaje [m].

Definiciones:

- Altura del agua sobredrenante: es la altura máxima que alcanza el agua sobre el lecho filtrante, expresada en metros, la cual puede ser variable o constante, generalmente del orden de 1,00 [m] a 1,50 [m].
- Altura del lecho filtrante: es el espesor de la capa constituida por el medio filtrante empleado.
- Altura de la capa de soporte: es el espesor de la capa que generalmente se encuentra formada por algún tipo de grava que cumple la función de dar soporte a la arena u otro material granular tal como la zeolita, permitiendo un drenaje uniforme en el filtro.
- Altura de drenaje: es la altura del sistema de drenaje que se encuentra ubicado en la parte inferior de la capa de soporte de la unidad de filtro.

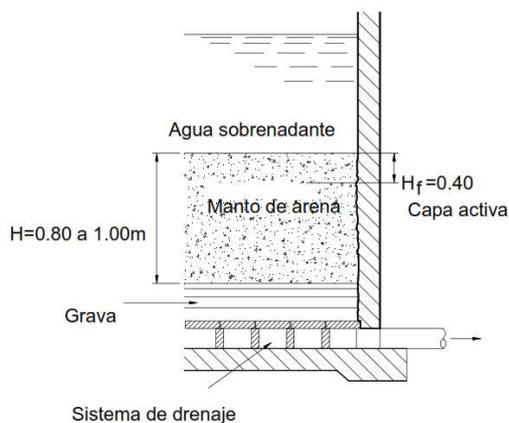


Imagen 11. Detalle corte de filtro. Altura manto de arena.

Varios autores recomiendan una altura total del manto de arena (H_a) entre 0,80 a 1,00 [m] (ver Imagen 11) y para la capa final (H_f) entre 0,40 a 0,80 [m], siendo del orden de 0,50 [m] cuando se tiene únicamente filtración lenta. De modo que la capa activa superior (H_r) se estima como:

$$H_r = H_a - H_f \cong 0,40 [m]$$

Ecuación 22

La capa activa superior es la capa que debe ser removida en el periodo de operación del filtro, el cual se define como:

$$t_0 = \frac{H_a - H_f}{e \cdot f} \rightarrow \text{años de operación}$$

Ecuación 23

Siendo:

- e: espesor removido en cada raspado durante la limpieza (del orden de 1 a 3 [cm])
- f: frecuencia anual de raspadas de la capa biológica, función de la turbiedad afluente y de la velocidad de filtración. Del orden de 5 a 6 veces anuales y entre 20 a 30 veces el número de limpiezas durante el periodo de operación, hasta el agregado de arena nueva o de lavado exterior.

→ **Características del lecho de arena silícea:**

Experiencias sobre operación de filtros lentos, especialmente las del CEPIS, entre otros aspectos recomiendan:

- El lecho filtrante debe estar constituido por granos de arena redondeados y duros, libres de arcilla y materia orgánica.
- Se disminuye el coeficiente de uniformidad y se incrementa el tamaño promedio de los granos de arena, lavando previamente el lecho a fin de eliminar las partículas finas.
- Se recomienda un coeficiente de uniformidad C_u menor a 3, pudiendo diseñarse con valores entre 1,5 y 2,0.
- La arena debe contener un máximo del 2 % de carbonatos de calcio y magnesio, para evitar problemas por el ataque del dióxido de carbono presente en el lecho.
- A fin de evitar que la materia orgánica penetre en profundidad en el manto de arena, el tamaño efectivo $T_e = T_{10}$ debe ser suficientemente pequeño. La experiencia indica valores entre 0,15 y 0,30 [mm], recomendando 0,10 [mm] para aguas claras con alto contenido bacteriológico y 0,40 [mm] para aguas muy turbias.

→ **Sistema de drenaje:**

Constituye una de las partes fundamentales del sistema de filtración, debido a que el mismo debe ser capaz de recolectar el agua filtrada y distribuir de manera uniforme el agua de lavado en el lecho filtrante. Dicho sistema se encuentra compuesto por dos partes básicas, la primera un lecho de soporte y la segunda una cámara de salida.

Se utiliza comúnmente drenajes conformados por una batería de caños perforados ubicados debajo del manto de soporte que cubren toda la superficie del drenaje, vinculados a una cañería principal o colectora de mayor diámetro ubicado normalmente en todo el eje central y longitudinal de la caja filtrante, generalmente se utilizan caños de PVC, pero también los hay de hormigón y de cerámica.

Tal como lo indica el manual del ENHOSA en su capítulo VII “Filtración Lenta”, el drenaje de agua filtrada se debe efectuar a través de sistemas colectores, que pueden estar conformados por conductos o bloques con orificios de ingreso o por ladrillos de construcción formando canales (metodología más utilizada con buenos resultados).

De acuerdo a varios autores, se resumen algunas recomendaciones de varias experiencias:

- La velocidad máxima de escurrimiento dentro de los conductos no debe ser superior a 0,30 [m/s].
- A fin de lograr uniformidad en la repartición de caudales, la relación entre la velocidad del dren principal (U_0) y la de los drenes laterales, no debe superar el valor de 0,468 según Hudson.
- La pérdida de carga en los drenes resulta:

$$h_f = 0,33 \cdot K \cdot \left(\frac{1}{R}\right) \cdot \frac{U^2}{2 \cdot g} = 5 \text{ a } 15\% \cdot h_f$$

Ecuación 24

Siendo:

- h_f : pérdida de carga en el filtro limpio y con el nivel mínimo del sobredrenante si es variable [m].
- K : coeficiente de Colebrook.
- $R = D/4$: radio hidráulico para conductos circulares [m].
- U : velocidad de pasaje en el dren [m/s].

Para sistema de drenaje conformados por ladrillos no es necesario calcular la pérdida de carga ya que la misma resulta reducida o despreciable.

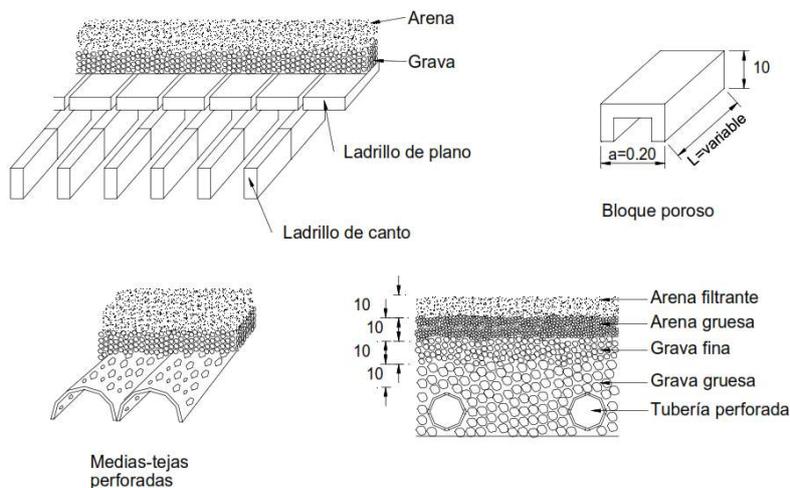


Imagen 12. Ejemplos de sistemas de drenaje.

Se indican en la Tabla 15, algunos parámetros de diseño a considerar en el diseño de sistemas de drenaje constituidos por cañerías de PVC:

Parámetro	Valor	Unidad
Velocidad máxima en el conducto principal	0,3	m/s
Velocidad máxima en los conductos laterales	0,3	m/s
Separación entre los conductos laterales	1 a 2	m
Diámetro de los agujeros en conductos laterales	2 a 4	mm
Separación entre agujeros en conductos laterales	0,1 a 0,3	m
Capada de Grava de 26,5 a 53 mm	0,15	m

Tabla 15. Parámetros de diseños básicos de drenajes PVC.

→ **Área de orificios laterales de drenajes:**

Es la superficie de cada uno de los orificios de los laterales que se encuentran formando parte del sistema de drenaje.

$$A_{CO} = \frac{\pi \cdot D_o^2}{4}$$

Ecuación 25

Siendo:

- A_{CO} : área de cada orificio [m^2].
- D_o : diámetro de los orificios [m].

→ **Caudal de ingreso a cada orificio:**

Es la cantidad de agua que pasa por cada uno de los orificios de los laterales que forman parte del sistema de drenaje en un determinado tiempo, se expresa en [m³/s].

$$Q_1 = A_{CO} \cdot \vec{v}_{OF}$$

Ecuación 26

Siendo:

- $Q_1=Q_D$: caudal de ingreso [m³/s].
- \vec{v}_{OF} : velocidad en el orificio [m/s].

→ **Número de conductos laterales:**

Es la cantidad de drenes o ramificaciones del dren principal que permiten recolectar el agua filtrada y distribuir de una forma uniforme el agua de lavado hacia el lecho filtrante.

$$N_L = N_{LF} \cdot \frac{L_{TF}}{S_{EL}}$$

Ecuación 27

Siendo:

- N_L : número de laterales (adimensional).
- N_{LF} : número de laterales por lado [m].
- L_{TF} : longitud total del filtro [m].
- S_{EL} : separación entre laterales [m].

→ **Separación entre orificios:**

Se trata de la distancia que existe entre los orificios de los laterales o drenes.

$$S_o = \frac{n^\circ \text{ orificios}}{n^\circ \text{ laterales}} = 2 \cdot \frac{L_{CL}}{e_o}$$

Ecuación 28

Siendo:

- L_{CL} : longitud de cada lateral [m].
- e_o : espacio entre orificios [m].
- S_o : separación entre orificios (adimensional).

→ **Número total de orificios:**

Es la cantidad de orificios que se encuentran ubicados en los drenes y que permite la del agua filtrada y la entrada del agua de lavado.

$$N_o = n^\circ \text{ total de orificios} = N_L \cdot S_o$$

Ecuación 29

→ **Área total de orificios:**

Es la superficie total que están ocupando los orificios que se encuentran en los drenes o laterales.

$$A_{TO} = A_{CO} \cdot N_o$$

Ecuación 30

→ **Diámetro de la tubería de salida del filtro:**

Se refiere a la medida que proporciona el ancho de la tubería que permite la salida del flujo de agua filtrada.

$$D_{TS} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_I}{\pi \cdot \vec{v}_s}}$$

Ecuación 31

Siendo:

- D_{TS} : diámetro de la tubería de salida del agua del filtro [m].
- $Q_I = Q_D$: caudal de ingreso [m^3/s].
- \vec{v}_s : velocidad del agua a través de la tubería de salida [m/s].

→ **Capa de soporte:**

También debe ser dura y redondeada, libre de arena, limo y materia orgánica, debiendo lavarse si no se cumple ese requisito. Al igual que la arena, su densidad debe ser de 2,60 aproximadamente, no debiendo perder el 5% en peso si se la sumerge 24 horas en ácido clorhídrico.

De acuerdo a investigadores, se establecen tres capas con tamaños que varían entre rangos mínimos para arenas finas del lecho filtrantes y rangos máximos para arenas gruesas (con tamaños efectivos que pueden variar entre 0,10 y 0,40 mm, según se expresó anteriormente).

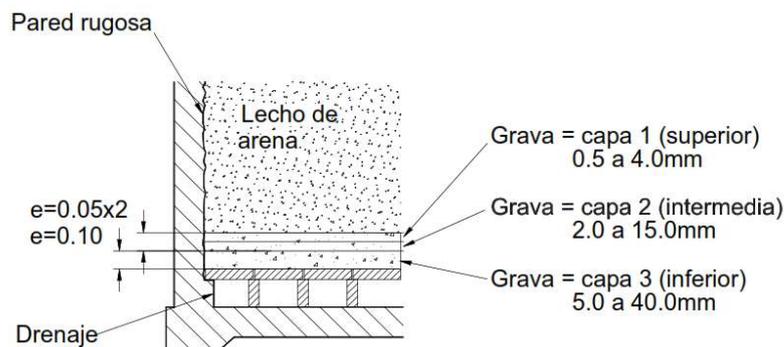


Imagen 13. Detalle manto de soporte de filtro.

Como norma para seleccionar la grava graduada, debe evitarse que se pierda arena por el sistema de drenaje. Es decir, se debe considerar el tamaño máximo de la arena y las características y número de orificios de los drenes seleccionados.

→ Cámara de salida:

El nivel mínimo del filtro se controla mediante el vertedero de salida, el cual se debe ubicar en el mismo nivel, a 0,10 m por encima de la superficie del lecho filtrante, la estructura de salida permite la recolección del agua filtrada.

1.4.5.8. Dimensionamiento del lecho de secado de lodos.

El lecho de secado se trata básicamente de una pileta de poca profundidad, de forma rectangular, que puede contar o no con un sistema de drenaje de fluidos, en la cual se disponen los lodos producidos en la sedimentación. De esta forma se dispone el lodo generado sobre el lecho, generalmente en capas del orden de 20 a 40 [cm] de espesor, el cual se lo deja deshidratar y/o secar al ambiente, proceso mediante el cual se busca eliminar el agua presente mediante evaporación, para luego de su drenaje y/o secado, obtener un residuo sólido (con una porcentaje de humedad menor al 70%) el cual puede disponerse según el uso posterior que se le asigne, el cual puede ser como material de relleno, material fino de reemplazo en la elaboración de hormigón, subbase de paquetes estructurales, separador de residuos industriales, entre otras aplicaciones.

Los tipos de lecho de secado pueden ser a grandes rasgos de los siguientes materiales:

- ❖ Lecho de arena: formado especialmente por una capa de material granular fino, por ejemplo, una arena fina, sobre una capa de soporte de mayor tamaño, por ejemplo, una grava, los cuales, en caso de disponer de drenajes, al igual que para una caja de filtro están compuestos por cañería perforada.
- ❖ Lecho de pavimento: se trata de lechos conformados por superficies que poseen una determinada capacidad soporte, motivo por el cual se las puede materializar mediante el uso de materiales tales como rocas, suelos estabilizados, hormigón convencional, hormigón poroso o permeable y mezclas asfálticas convencionales o porosas. Este tipo de lechos de secado se los materializa generalmente cuando las dimensiones requeridas son significativamente superiores a un lecho de arena.
- ❖ Lechos impermeables o artificiales: se trata de aquellos lechos constituidos por ejemplo en materiales tales como el acero inoxidable o poliuretanos, son más costosos que los anteriores y se los utiliza para industrias específicas.
- ❖ Lechos con utilización de vacío: formados principalmente por un lecho convencional, al cual se le aplica un mecanismo de succión o vacío desde la parte inferior del lecho, a través de la interposición de placas o de un medio poroso, sobre el cual se dispone el lodo tratado mediante la utilización de polímeros.



Imagen 14. Corte transversal de lecho de secado de arena.

→ **Carga de sólidos:**

Se trata de la cantidad de sólidos suspendidos totales que posee el agua residual al ingreso del sedimentador, expresada en [Kg/día], cuyo cálculo se determina como sigue:

$$C_s = Q_D \cdot SS$$

Ecuación 32

Siendo:

- C_s : Carga de sólidos [Kg/día]
- Q_D : Caudal de diseño [dm^3/s]
- SS : Sólidos suspendidos totales [mg/dm^3]

→ **Masa de sólidos resultante:**

Se trata de la cantidad de sólidos que resultan luego de la sedimentación y que se encuentran formando parte del lodo, expresado en [Kg/día], cuyo valor se calcula como sigue:

$$M_s = (0,50 \cdot 0,70 \cdot 0,50 \cdot C_s) + (0,50 \cdot 0,30 \cdot C_s)$$

Ecuación 33

→ **Volumen de lodos:**

Se trata del volumen que ocupa el lodo obtenido de la operación de secado, producida la sedimentación, expresado en [m³], cuyo valor se determina mediante:

$$V_s = \frac{M_s}{\rho_l}$$

Ecuación 34

Siendo:

- M_s : Masa de sólidos resultante [Kg/día]
- ρ_l : Densidad de lodos [Kg/m³]

→ **Área del lecho de secado:**

Se trata de la superficie en planta del lecho de secado, en donde se dispondrá y se extenderá el lodo obtenido del proceso de sedimentación, la cual se expresa en [m²], cuyo valor se determina en función de los siguientes parámetros:

$$A_{LS} = \frac{V_s}{H_L}$$

Ecuación 35

Siendo:

- V_s : Volumen de lodos [m³]
- H_L : Altura del lecho de secado [m]

Determinada la sección en planta del lecho de secado, se pueden determinar las dimensiones que la conforman como sigue:

$$A_{LS} = L_{LS} \cdot B_{LS} \Rightarrow L_{LS} = \frac{A_{LS}}{B_{LS}}$$

Ecuación 36

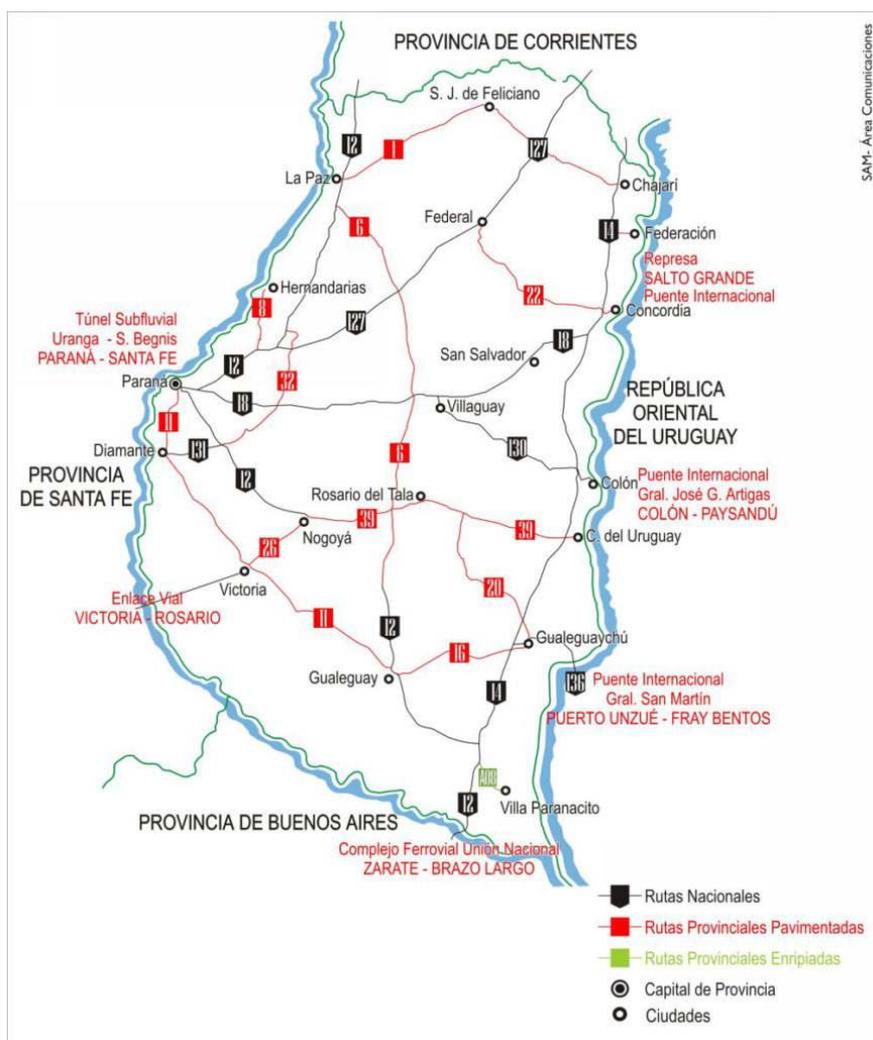
Capítulo II

Parte Experimental

2.1. Ubicación del proyecto.

2.1.1. Macro-localización.

Concordia se ubica en la provincia de Entre Ríos, aproximadamente a 430 [Km] al norte de la Ciudad de Buenos Aires sobre el margen derecho del río Uruguay. Cuenta con una serie de importantes vías de acceso, entre las que se destacan la Autovía General Artigas (R.N.N°14), las rutas provinciales N°4 y N°22, que junto a la avenida Pte. Perón ofician de accesos principales al principal centro urbano del departamento, desde el oeste la ruta provincial N°28 que constituye la vía de acceso norte y a través de ésta última, la ruta nacional A015 que comunica al este con la ciudad de Salto, República Oriental del Uruguay por medio del puente ubicado sobre la Represa Binacional Salto Grande que oficia de conexión entre ambos países.



2.1.2. Micro-localización.

El predio en donde se realizará la intervención, se encuentra en el Parque Industrial de la ciudad de Concordia, ubicado al sur-oeste del ejido urbano, específicamente en latitud Sur $31^{\circ}25'7.14''$ y longitud Oeste $58^{\circ} 5'31.44''$, acceso principal sobre avenida Pte. J. D. Perón S/N a 2,00 [Km] de la ruta nacional N°14 y a una distancia media de 6 [Km] de la zona urbana, como se observa en la Imagen 15 e Imagen 16.

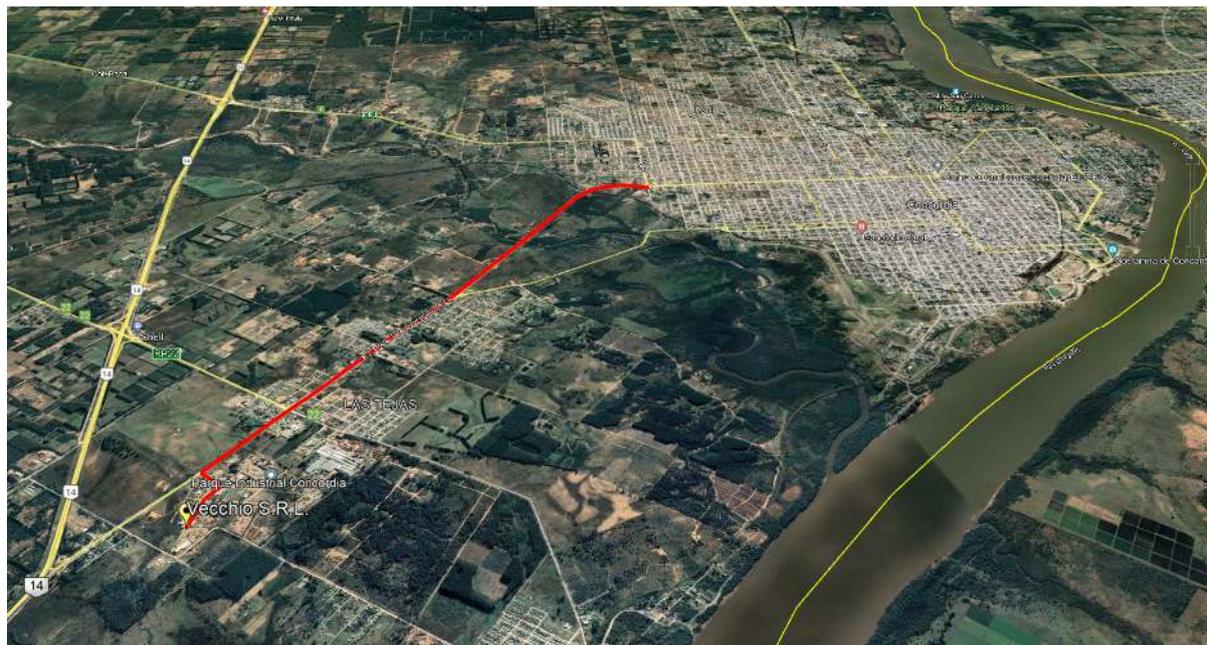


Imagen 15. Localización de la obra. Distancia al centro poblacional más cercano.



Imagen 16. Localización de la obra. Distancia al acceso más cercano.



2.2. Metodología y datos experimentales.

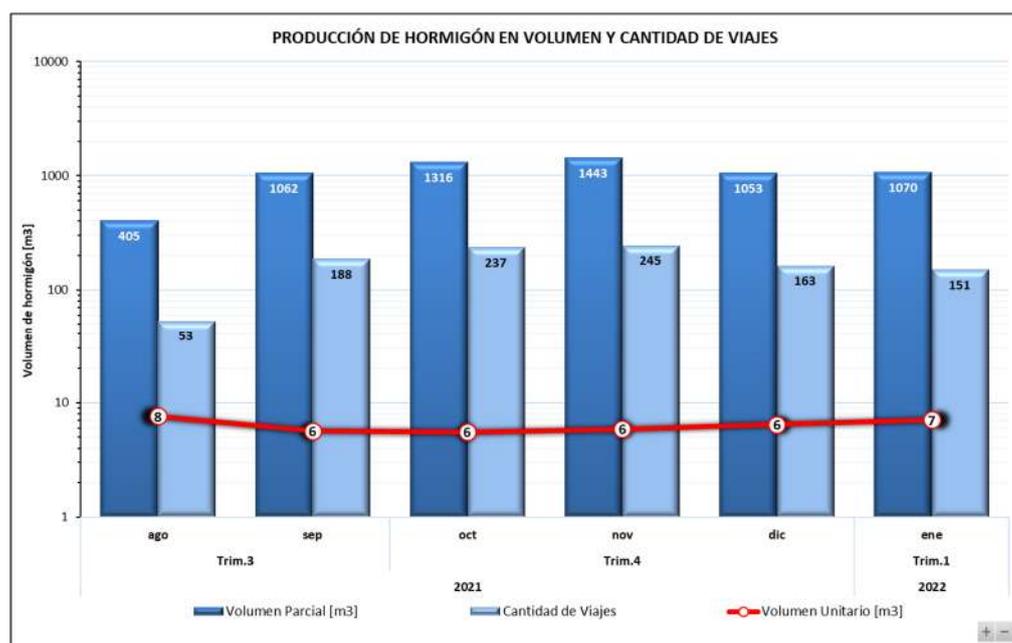
2.2.1. Medición del volumen de hormigón producido y de despachos diarios.

Para la cuantificación del volumen de hormigón producido de forma diaria, semanal, mensual y anual, se procedió mediante la recopilación y análisis de información, a través de la base de datos del sistema de gestión que la empresa Vecchio S.R.L. posee para la organización de la logística de los pedidos. De dicha base de datos se obtuvieron los valores correspondientes a un periodo de seis meses de ventas (periodo de datos con el que se contaba al momento del presente relevamiento, puesto que el sistema es de aplicación reciente), considerando únicamente los pedidos finalizados, de los cuales se tomó el volumen de despacho, fecha y cantidad de viajes.

De Tabla 16 se observa que el promedio de viajes que se realizan por mes es del orden de 173 despachos, mientras que el volumen promedio mensual de producción es del orden de 1058 [m³]. De la Gráfica 1, se puede observar que la demanda de hormigón posee cierta variación, puesto que depende, valga la redundancia, de la demanda de los clientes o del mercado, lo cual se encuentra fuertemente influenciado por factores externos tales como la economía regional y nacional, el desarrollo local, tanto para el sector privado como público y otros tales como los factores climáticos y mes del año. Así mismo, para el periodo analizado, se observa una cierta tendencia o estabilidad en cuanto a la cantidad de despachos y el promedio de volumen transportado por cada camión, del orden de los 6 [m³].

Tiempo	Volumen Parcial [m3]	Cantidad de Viajes	Volumen Unitario [m3]
2021	5279	886	6
Trim.3	1467	241	6
ago	405	53	8
sep	1062	188	6
Trim.4	3812	645	6
oct	1316	237	6
nov	1443	245	6
dic	1053	163	6
2022	1070	151	7
Trim.1	1070	151	7
ene	1070	151	7
Total general	6349	1037	6
Promedio mensual	1058	173	6

Tabla 16. Producción de hormigón base de datos Vecchio SRL



Gráfica 1. Producción de hormigón. Fuente: Sistema Gestión Vecchio SRL

2.2.2. Medición de la cantidad de residuo por camión.

Para la cuantificación del material sobrante luego de cada entrega, se procedió a pesar cada camión mediante báscula de pesaje, perteneciente a la empresa Vecchio S.R.L., ubicada en el mismo predio de intervención del proyecto, por un periodo de tres (3) meses consecutivos.

El procedimiento consistía en pesar cada camión que volviera a obra luego de una entrega, sin la extracción del material sobrante o la incorporación de agua al mixer, registrándose así el peso de ingreso, luego se estaba en condiciones de enviar al camión al proceso de lavado. Una vez realizada la limpieza, evacuada toda el agua y el material residual, el camión era nuevamente

pesado, registrando su peso de egreso. De esta forma se obtenía al final del proceso la cantidad de residuo que cada camión arrojaba, es decir, el peso neto de residuo, independiente de qué tipo de hormigón se tratara o la cantidad que hubiera transportado.

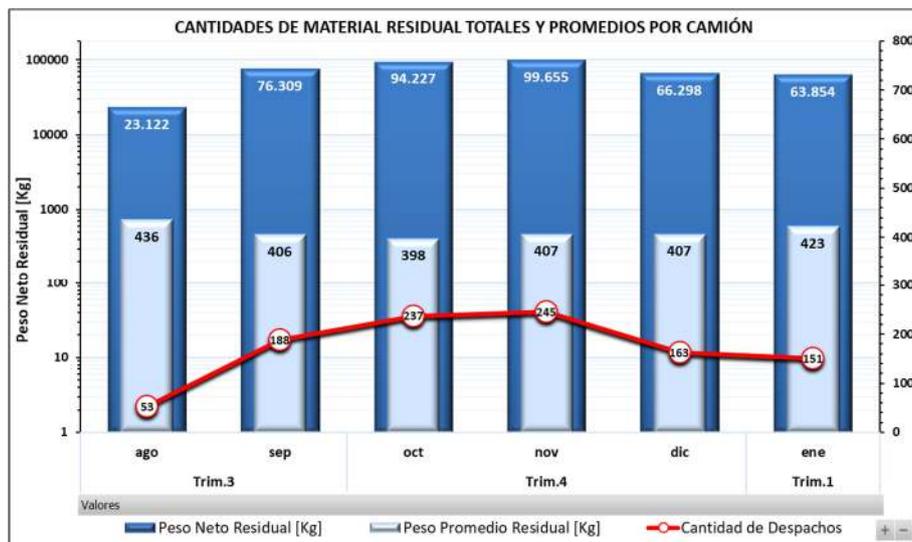
$$\text{Peso Neto Residual [Kg]} = \text{Peso ingreso [Kg]} - \text{Peso egreso [Kg]}$$

Escala temporal	Global			Por unidad de camión		
	Cantidad Despachos [Un]	Peso Neto de Residuo Total [Kg]	Volumen de Residuo Total [m ³]	Peso Medio de Residuo [Kg]	Volumen Unitario de Residuo	
					[m ³]	[dm ³]
2021	886	359.611	152	406	0,17	171
Trim.3	241	99.431	42	413	0,17	174
ago	53	23.122	10	436	0,18	184
sep	188	76.309	32	406	0,17	171
Trim.4	645	260.180	110	403	0,17	170
oct	237	94.227	40	398	0,17	168
nov	245	99.655	42	407	0,17	171
dic	163	66.298	28	407	0,17	171
2022	151	63.854	27	423	0,18	178
Trim.1	151	63.854	27	423	0,18	178
ene	151	63.854	27	423	0,18	178
Total general	1037	423.465	179	408	0,17	172
Promedio Mensual	173	70.578	30	413	0,17	174

Tabla 17. Cantidades de material residual.

De acuerdo con los valores de Tabla 17 y la Gráfica 2, se puede observar que la cantidad total de material residual generada para el periodo de análisis (6 meses), asciende a la suma de 423.465,00 [Kg] equivalente a un volumen total de 179 [m³].

A su vez se puede establecer un patrón de comportamiento, respecto al volumen promedio de material residual generado por mes y por camión, este último siendo independientemente de las cantidades de viajes o despachos (cuyo promedio mensual es de 173 despachos) y del promedio mensual total (del orden de los 70.578,00 [Kg] o 30 [m³]), el mismo tiende a permanecer en el orden de los 413 [Kg], equivalentes a unos 0,17 [m³] o 174 [dm³] de material sobrante por camión y/o despacho. Dicho comportamiento es evidenciado en la Gráfica 2, en la cual independientemente de las cantidades de despachos y del total de material sobrante, las cantidades unitarias permanecen constantes en torno a los 400 [Kg], con un cierto margen de error del orden del 1,03 [%].



Gráfica 2. Cantidades de material residual.

2.2.3. Medición del caudal de agua residual.

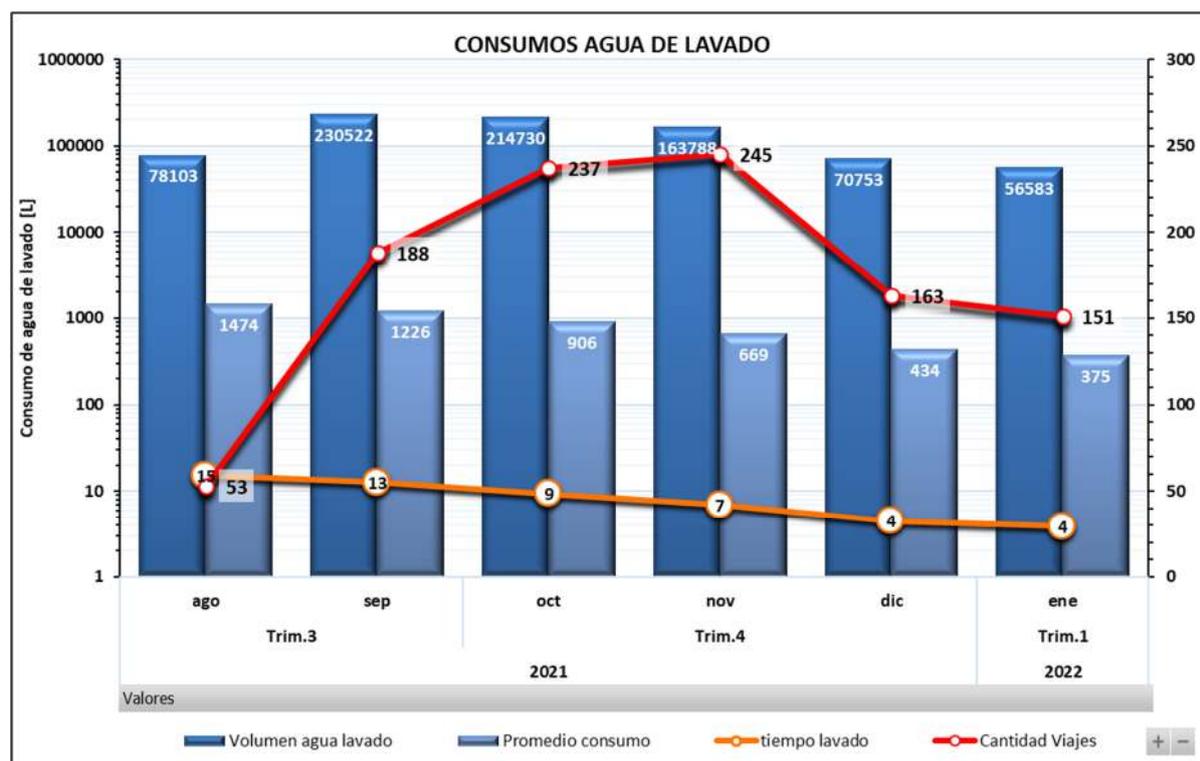
El primer paso para proceder con el dimensionamiento de la planta de tratamiento del agua residual producto del lavado de planta y de camiones mixers, es la determinación del caudal resultante, siendo éste el parámetro principal que definirá las características y dimensiones del sistema.

En este caso la fuente, es decir, los camiones mixers y el lavado de planta, no son continuas, motivo por el cual el procedimiento de medición del caudal puede resultar dificultoso. Para ello se considera la cantidad de agua residual que se genera luego de ejecutar la tarea de lavado de los camiones mixers posterior a la descarga del material, teniendo en cuenta consideraciones especiales como la cantidad diaria de hormigón producido, el peso neto del camión al regreso de la descarga de material previo al lavado, el número de camiones despachados a obra y el volumen de agua requerida para la limpieza del tambor del camión mixer.

Para cuantificar la cantidad de agua diaria utilizada en las operaciones de lavado de los camiones mixers, se elaboró un procedimiento adicional, gracias a la colaboración de la empresa, en la que se propuso la medición del tiempo de lavado, donde cada chofer debía registrar para cada operación de lavado, la hora de inicio y fin de lavado, registrando a su vez el tiempo total de la limpieza en minutos, lo que permitió a su vez a la empresa evaluar y optimizar, conocido el caudal de la válvula de lavado, los consumos de agua y el tiempo empleado en el lavado.

Escala Temporal	Cantidad Viajes	Tiempo medio de lavado [min]	Volumen Agua de Lavado [m ³]	Volumen Agua de Lavado [dm ³]	Promedio Consumo Unitario [dm ³]
2021	886	9	758	757.896	855
Trim.3	241	13	309	308.625	1281
ago	53	15	78	78.103	1474
sep	188	13	231	230.522	1226
Trim.4	645	7	449	449.271	697
oct	237	9	215	214.730	906
nov	245	7	164	163.788	669
dic	163	4	71	70.753	434
2022	151	4	57	56.583	375
Trim.1	151	4	57	56.583	375
ene	151	4	57	56.583	375
Total general	1037	8	814	814.479	785
Promedio mensual	173	9	136	135.747	847

Tabla 18. Cantidades de agua para lavado.



Gráfica 3. Consumos de agua para lavado.

De la Tabla 18 y de la Gráfica 3 se puede observar que el volumen de agua utilizado para las operaciones de lavado es significativamente elevado, esto sin considerar o medir el volumen de agua destinado para el lavado de planta, puesto que el consumo más significativo corresponde al lavado de los camiones mixers luego de realizar el transporte del producto regularmente.

El volumen total de agua destinada para el lavado de camiones mixers para el periodo de seis meses de análisis es de 814.479,00 [dm³] o su equivalente de 814,50 [m³], para un total de 1037 despachos realizados. En promedio por mes se consumen unos 135.747,00 [dm³] (o 136 [m³]) litros de agua para lavado de camiones, correspondientes a un promedio de 173 despachos mensuales.

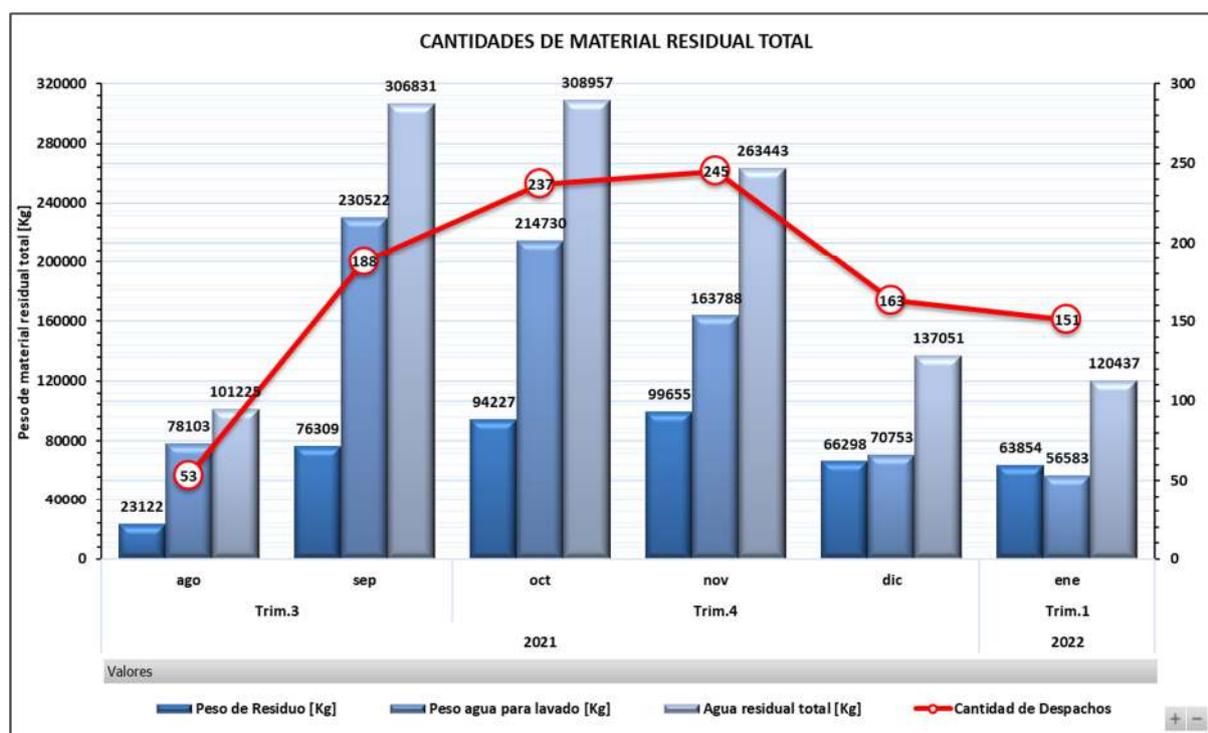
Cabe aclarar que durante la medición de dicho parámetro, se realizó una corrección en los tiempos de ejecución de las tareas de lavado, puesto que como se mencionó anteriormente, dicha operación resultó de utilidad para la empresa para poder controlar y optimizar la tarea de lavado; dicha corrección consistió, considerando los elevados tiempos que se comenzaron a observar en los primeros meses de registros, en la disminución mes a mes de los tiempos de lavado, es por esto que se puede ver claramente en la Gráfica 3 la tendencia negativa de los tiempos promedios de lavado, desde un valor del orden de los 15 minutos para los primeros meses de medición hasta un tiempo máximo de 4 minutos para el último periodo de medición utilizado. De igual modo se observa dicha tendencia en el consumo de agua empleado para el lavado, comenzando con valores del orden de los 1474 [dm³] por unidad de camión y por mes, hasta alcanzar unos 375 [dm³] unitarios, todo ello independientemente de la cantidad de despachos que se realizaran durante cada mes, motivo por el cual se puede afirmar se trata de un patrón de comportamiento, el cual como se vio, se ha podido mejorar y optimizar a través de la observación y registros de datos.

2.2.4. Cuantificación del material residual total.

Una vez cuantificado y caracterizadas las cantidades correspondientes al material residual sobrante en cada camión mixer al finalizar una entrega, junto a las cantidades de agua necesaria para las operaciones de lavado de dicho residuo en cada camión, cabe cuantificar el producto final, es decir, la suma de ambos materiales, lo que constituye básicamente el agua residual (W.W., por sus siglas en inglés Wasted Water), suma de ambas cantidades de material.

Escala Temporal	Cantidad de Despachos	Peso de Residuo		Peso agua para lavado		Agua residual total			Agua Residual Unitaria o por camión	
		[Kg]	[m ³]	[Kg]	[m ³]	[Kg]	[T]	[m ³]	[T]	[m ³]
2021	886	359.611	152	757.896	758	1.117.507	1.118	910	1,26	1,03
Trim.3	241	99.431	42	308.625	309	408.056	408	351	1,69	1,45
ago	53	23.122	10	78.103	78	101.225	101	88	1,91	1,66
sep	188	76.309	32	230.522	231	306.831	307	263	1,63	1,40
Trim.4	645	260.180	110	449.271	449	709.451	709	559	1,10	0,87
oct	237	94.227	40	214.730	215	308.957	309	254	1,30	1,07
nov	245	99.655	42	163.788	164	263.443	263	206	1,08	0,84
dic	163	66.298	28	70.753	71	137.051	137	99	0,84	0,61
2022	151	63.854	27	56.583	57	120.437	120	84	0,80	0,55
Trim.1	151	63.854	27	56.583	57	120.437	120	84	0,80	0,55
ene	151	63.854	27	56.583	57	120.437	120	84	0,80	0,55
Total general	1037	423.465	179	814.479	814	1.237.944	1.238	993	1,19	0,96
Promedio mensual	173	70.578	30	135.747	136	206.324	206	166	1,26	1,02

Tabla 19. Cuantificación de material residual total. RW.



Gráfica 4. Cantidades de material residual total. RW.

Año	Mes	Cantidad de días trabajados	Agua Residual Mensual		Agua Residual Diaria	
			[T]	[m ³]	[T]	[m ³]
2021	Agosto	14	101	88	7	6
	Septiembre	21	307	263	15	13
	Octubre	23	309	254	13	11
	Noviembre	22	263	206	12	9
	Dicembre	15	137	99	9	7
2022	Enero	21	120	84	6	4
Promedio		19	206	166	10	8

Tabla 20. Cantidades de Agua Residual Diaria.

Para ello se dispone de la Tabla 19 y de la Gráfica 4, donde se puede observar la suma de ambos materiales, constituyendo el material residual final o agua residual producto del lavado de camiones mixers, alcanzando un total de 1.238,00 [T] para el periodo analizado, con un promedio mensual de 206,00 [T] en total y un promedio de desecho por camión o por lavado de 1,26 [T] o su equivalente en volumen de 1,02 [m³].

Se analiza además las cantidades de días trabajados por mes, para cuantificar las cantidades de agua residual generada diariamente, la cual asciende a la cantidad promedio de 10 [T] o su equivalente en volumen de 8 [m³].

Se puede apreciar además el comportamiento mencionado anteriormente respecto a la disminución del consumo de agua de lavado utilizada al inicio de la medición, hasta el final de la misma, logrando que las cantidades de agua utilizada para el lavado de los camiones mixers, se equiparen con las cantidades de material residual contenido dentro del camión mixer.

2.2.5. Extracción de muestras.

Para el caso de la extracción de muestras de agua residual cruda, se contaba con el almacenamiento del agua residual en la pileta de lavado existente, de la cual, al finalizar la jornada, o bien una vez completada la capacidad del mismo se procedía a la extracción de una muestra diaria, proceso el cual se llevó a cabo durante 2 semanas, con el fin de garantizar un cierto grado de representatividad en función de la cantidad de muestras obtenidas.



Imagen 17. Descarga de agua residual en pileta existente. Sitio de toma de muestras.

→ Metodología de extracción y toma de muestras:

Citando al “protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua con fines múltiples”, elaborado por el I.N.T.A.⁴², donde se explicita lo siguiente:

“Es fundamental cuando se planifica un muestreo precisar claramente cuál es el objetivo del mismo (análisis físico-químico y/o microbiológico para consumo humano, para abrevado animal, para riego, otro), ya que éste define los elementos requeridos y las condiciones en que se realizará (envase, procedimiento y cuidados para la toma de la muestra, condiciones de traslado y conservación, etc.) que se deberá consensuar previamente con el Laboratorio con el cual se planifica realizar el análisis.

El muestreo es el primer paso para la determinación de la calidad de una fuente de agua, por lo que la persona que recoge una muestra y la lleva al laboratorio es corresponsable de la validez de los resultados. En este sentido debe asegurarse que la muestra sea representativa de la fuente cuya calidad se desea evaluar, y que no se deteriore, ni se contamine antes de llegar al laboratorio, ya que la calidad de los resultados, depende de la integridad de las muestras que ingresan al mismo.

Por esto se recalca que la toma de la muestra debe realizarse con sumo cuidado, a fin de garantizar que el resultado analítico represente la composición real de la fuente de origen, y que antes de iniciar el muestreo se debe consultar al laboratorio sobre las condiciones en que éste debe desarrollarse y la información mínima requerida.

Se debe aclarar que de nada vale un excelente análisis, con equipos sofisticados, si la muestra no es representativa”.

➤ Material de campo:

- i) Envases con rótulos y/o etiquetas.
- ii) Planillas de registro.
- iii) Jabalina o dispositivo para la toma de muestra.
- iv) Termómetro.

➤ Envases:

El análisis necesario en las muestras de aguas para caracterizar el agua residual es de tipo físico-químico, motivo por el cual se utilizaron envases de plásticos nuevos en color blanco de cierre hermético, de 1 dm³ (1000 ml), los cuales fueron enjuagados en un orden de dos a tres veces con el agua de muestreo.

➤ Procedimiento:

- i) Identificación del sitio de toma de muestra: Se procedió a fijar como sitios de toma de muestra la pileta de depósito de residuos y el tanque provisorio de almacenamiento de agua residual.
- ii) Identificación/rotulado de los envases, y registro de datos en planilla indicando características tales como profundidad del nivel estático, destino, nombre del establecimiento, dirección, e-mail, condiciones de muestreo, fecha y hora, nombre del responsable de toma de muestra, tipo de análisis a efectuar, temperatura del agua y otras observaciones pertinentes.
- iii) Enjuague de los envases entre dos a tres veces con agua de muestreo.
- iv) Sumergido del envase o frasco hasta una profundidad entre 15 a 30 [cm] desde la superficie libre del líquido, evitando extraer en proximidades de las paredes de los tanques, con el cuello hacia abajo, destapando el mismo dentro del agua permitiendo el llenado, sin dejar cámara de aire.
- v) Cerrado hermético de cada envase y guardado de la muestra en lugar fresco, sin exposición al sol, para su transporte a laboratorio previo a los 4 días de muestreo.



Imagen 18. Muestras de agua residual para análisis de laboratorio.

2.2.6. Tratamiento de las muestras.

Una vez finalizado el proceso de toma de muestras, las mismas fueron transportadas a laboratorio de análisis de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concordia, en un periodo de tiempo no superior a las 24 horas, considerando que la metodología permite un tiempo máximo de hasta 4 días de almacenamiento de muestras, con el fin de evitar dispersiones de cualquier tipo en los resultados de los análisis físico-químicos, con el objetivo de determinar los parámetros necesarios para caracterizar el agua residual, según la norma (IRAM 1601, 2012) “Agua para morteros y hormigones de cemento”.

Los parámetros a considerar fueron:

- Contenido de cloruros.
- Contenido de sulfatos.
- Sólidos totales.
- Alcalinidad total.
- pH.
- Conductividad eléctrica.
- Dureza total.
- Cationes (Ca, Mg, K, Na).
- Aniones (CO₃, HCO₃, SO₄, Cl)
- DBO.

Cabe aclarar que, para el presente trabajo, se analizaron solo los parámetros de mayor caracterización del agua residual, a los fines prácticos, puesto que el análisis exhaustivo de las demás características del agua residual, corresponde a actividades del proyecto de I+D “*Uso de agua reciclada del lavado de camiones mixer: efecto en las propiedades del hormigón fresco y endurecido-Prototipo de sistema de recuperación*”; (código del Proyecto: ECECAD0008250).

Por otra parte, para la caracterización del agua residual y su reutilización como material de elaboración para el hormigón, se recolectaron muestras de volumen más grande, mediante envases de plástico de 20 [L]. Dichas muestras fueron enviadas a laboratorio de tecnología de hormigón de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concordia, que mediante la participación de investigadores del Grupo GIICMA (Grupo de investigación en ingeniería civil, materiales y ambiente), se realizaron pastones de prueba con diferentes dosificaciones de agua residual filtrada, con el fin de caracterizar parámetros tales como la resistencia característica, el tiempo de fraguado, la consistencia, temperatura y pérdidas de asentamiento.

2.2.7. Caracterización de las aguas residuales.

Se recolectaron en total unos 100 litros de agua proveniente del lavado de los camiones, la cual fue almacenada en bidones y botellas para el desarrollo de las pruebas de laboratorio. El agua recogida presentaba cierto grado de turbidez por las partículas sólidas en suspensión.

De las muestras extraídas se realizó la evaluación de los parámetros más significativos tales como temperatura, nivel de pH, conductividad, cloruros y contenido total de sólidos disueltos, utilizando un medidor multiparamétrico, perteneciente al laboratorio de química de la UTN FRCon.

Se puede observar en la **Tabla 21** los resultados del análisis físico-químico realizado sobre las muestras de agua, donde se evidencia, para un mismo rango de temperatura (mín.=28,17 [°C] a máx.=28,60 [°C]) una significativa alcalinidad del agua residual, presentando un valor promedio de pH de 11,79; una conductividad promedio de 6004 [µS/cm]; un contenido total de sólidos disueltos promedio de 3036 [mg/L]; y un contenido de cloruros promedio de 1551 [mg/L].

De acuerdo con el reglamento CIRSOC 201/2005²⁸ y norma IRAM 1601²⁹ (ver **1.4.3.1. Agua de mezclado.** y **Tabla 6**) para dichos parámetros se consideran los siguientes límites:

- **Residuo sólido:** **máximo de 50.000 [mg/L].**
Correspondiente a agua recuperada de procesos de la industria del hormigón.
- **pH:** **mínimo de 4,00.**
Correspondiente a agua para uso como agua de amasado.
- **Cloruros:** **máximo de 1.000 [mg/L].**
Correspondiente a hormigón para emplear como hormigón armado.

Se realiza la siguiente comparación:

- **Residuo sólido:**
Promedio = 3036 [mg/L] < máx. = 50.000 [mg/L] (Verifica)
- **pH:**
Promedio = 11,79 > mín. = 4,00 (Verifica)
- **Cloruros:**
Promedio = 1551 [mg/L] < máx. = 1.000 [mg/L] (No verifica)

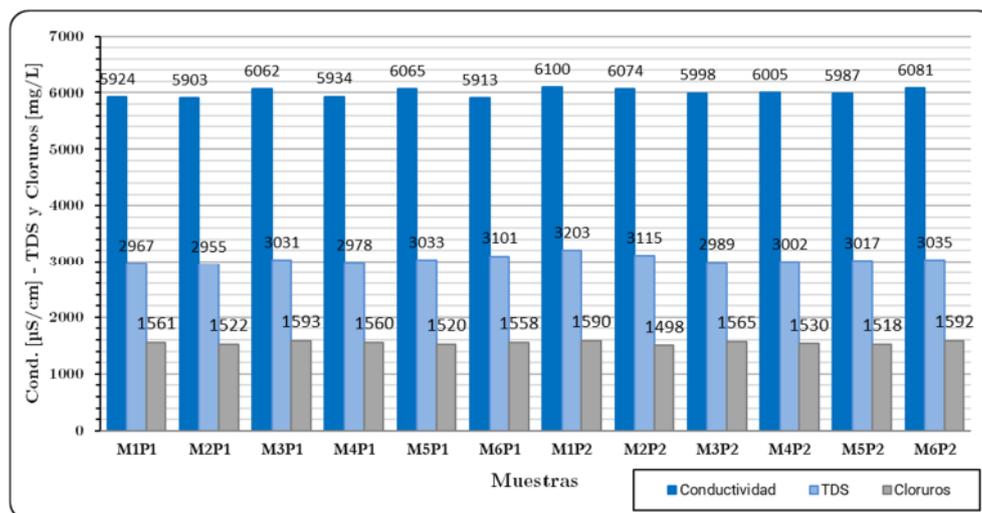
Cabe aclarar que para el caso del residuo sólido se lo comparó con los valores de TDS a los fines prácticos de este trabajo, resultaría propicio comparar con valores de sólidos totales.

Considerando las comparaciones realizadas respecto al agua residual obtenida de la empresa Vecchio SRL, especialmente en las operaciones de lavado de planta, se observa como parámetro significativo o elevado al contenido de cloruros y los sólidos totales disueltos (índice de valores de sólidos totales elevados). Si bien además las aguas residuales presentan un grado de pH elevado, las mismas se consideran factible de utilizar, tal como lo menciona en el párrafo **1.4.3.1 Agua de mezclado.**, pero teniendo especial consideración a factores tales como la variación de los tiempos de fragüe, el endurecimiento del hormigón, ya que las aguas que contienen hidróxido de sodio o potasio, pueden acelerar los procesos de fraguado con la consecuente disminución de la resistencia.

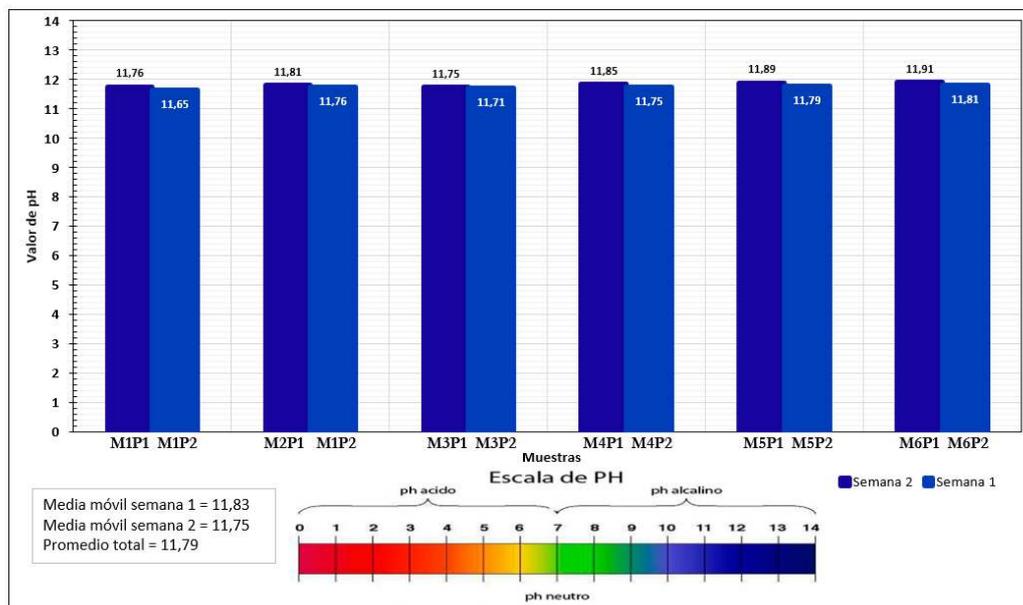
De acuerdo a dichos resultados, el tratamiento de filtración o sedimentación debe diseñarse en función de los parámetros de mayor incidencia, con la finalidad de reducir la concentración de cloruros del agua residual y de sólidos disueltos, como así también de otros parámetros a evaluar. Tal análisis escapa al alcance del presente trabajo y resulta trabajo propicio para desarrollar en investigaciones específicas posteriores, correspondiente al trabajo PID de investigación antes mencionado o trabajos de fin de carrera.

Id de Muestra	Fecha	T (°C)	pH	Conductividad [μS/cm]	TDS [mg/L]	Cloruros [mg/L]
M1P1	11/1/2021	28,32	11,76	5924	2967	1561
M2P1	12/1/2021	28,45	11,81	5903	2955	1522
M3P1	13/1/2021	28,30	11,75	6062	3031	1593
M4P1	14/1/2021	28,31	11,85	5934	2978	1560
M5P1	15/1/2021	28,17	11,89	6065	3033	1520
M6P1	16/1/2021	28,51	11,91	5913	3101	1558
M1P2	18/1/2021	28,57	11,65	6100	3203	1590
M2P2	19/1/2021	28,60	11,76	6074	3115	1498
M3P2	20/1/2021	28,20	11,71	5998	2989	1565
M4P2	21/1/2021	28,33	11,75	6005	3002	1530
M5P2	22/1/2021	28,19	11,79	5987	3017	1518
M6P2	23/1/2021	28,34	11,81	6081	3035	1592
Promedio		28,40	11,79	6004	3036	1551

Tabla 21. Resultados de análisis físico-químicos RW.



Gráfica 5. Conductividad, TDS y Cloruros de RW.



Gráfica 6. pH de muestras de agua residual.

2.3. Pruebas de tratabilidad y/o filtrado del agua residual.

Con la finalidad de evaluar y establecer un punto de comparación o referencia para el lector y a los fines prácticos del presente trabajo, se procedió a realizar un experimento o pruebas de sedimentación o decantación simple con muestras de agua residual.

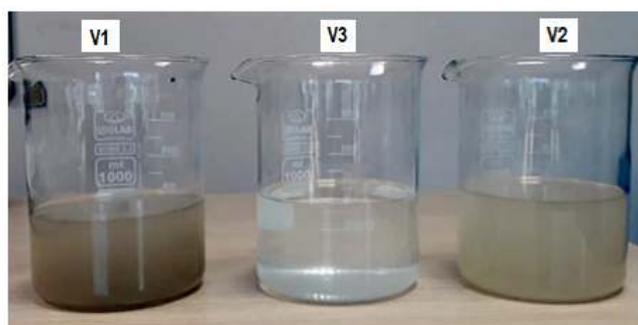


Imagen 19. Experimento de decantación del agua residual.

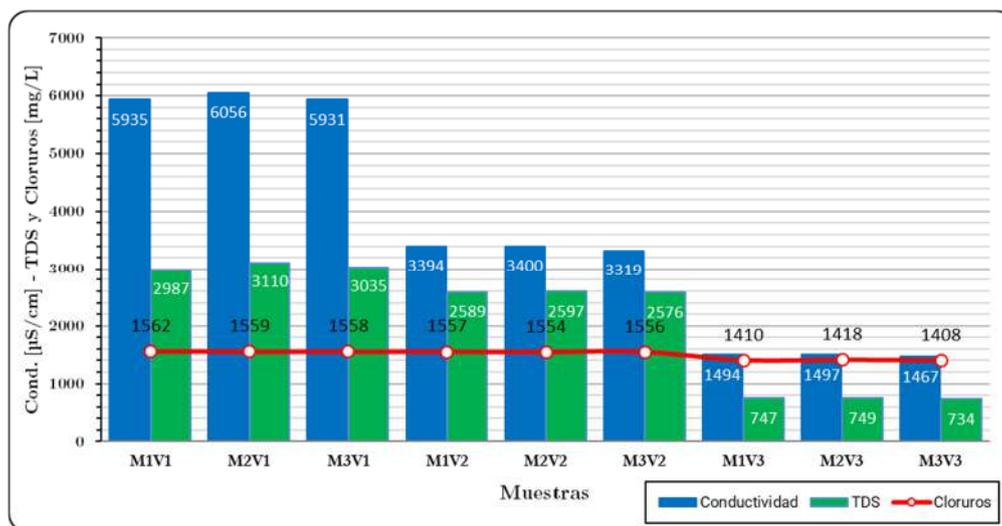
El procedimiento consistió en la colocación de agua residual en tres (3) vasos de precipitados (ver **Imagen 19**), los cuales simulaban la cantidad de unidades posibles de sedimentadores a utilizar; se dejó reposar un periodo de 24 [h] aproximadamente, luego del cual se trasvasaba a otro recipiente el agua resultante, al final del experimento se obtuvo un agua reciclada clarificada (se utilizó tres muestras diferentes de agua residual, es decir, se repitió tres veces el experimento). Al agua resultante se le realizó el mismo análisis que a las muestras de agua residual, obteniendo los siguientes resultados:

Id de Muestra	Fecha	T (°C)	pH	Conductividad [µS/cm]	TDS [mg/L]	Cloruros [mg/L]
M1V1	8/2/2022	25,02	11,67	5935	2987	1562
M2V1	8/2/2022	25,05	11,72	6056	3110	1559
M3V1	8/2/2022	25,03	11,65	5931	3035	1558
M1V2	9/2/2022	24,13	11,19	3394	2589	1557
M2V2	9/2/2022	24,17	11,23	3400	2597	1554
M3V2	9/2/2022	24,15	11,15	3319	2576	1556
M1V3	10/2/2022	25,07	10,80	1494	747	1410
M2V3	10/2/2022	25,06	10,81	1497	749	1418
M3V3	10/2/2022	25,02	10,79	1467	734	1408
Promedio		24,74	11,22	3610	2125	1509

Tabla 22. Resultados experimento decantación agua residual.

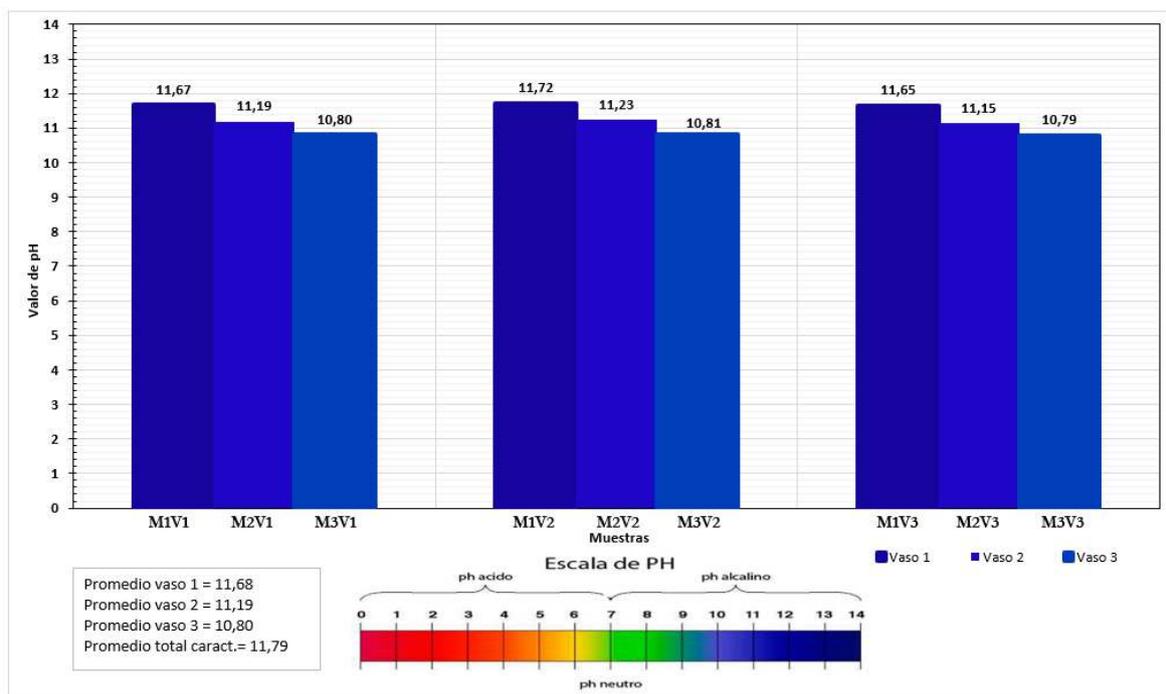
De la **Gráfica 7** se demuestra claramente la mayor conductividad, concentración de sólidos disueltos totales y la concentración de cloruros que posee el agua de residual de los camiones mixers sin tratamiento previo. Así mismo para las muestras que fueron obtenidas de la decantación del agua residual cruda, se observa que, incluso si solo se la somete a una decantación o sedimentación simple, se reducen considerablemente dichos valores, especialmente la concentración de sólidos disueltos totales, pasando de un valor promedio máximo de 3044 [mg/L] para los “Vaso 1” (V1) a 743 [mg/L] para los “Vaso 3” (V3).

A su vez, tal como se indicó en párrafos anteriores, es necesario la implementación de un tipo de filtración que permita disminuir químicamente o físicamente la concentración de cloruros, la cual se observa se mantiene casi constante durante todo el muestreo, con una leve disminución al final del experimento, es decir, que un proceso de sedimentación o decantación simple, no sería suficiente en caso de requerir disminuir dicha concentración.



Gráfica 7. Conductividad, TDS y Cloruros experimento sedimentación agua residual.

En el caso del pH, se pueden obtener disminución de los valores, con la aplicación de un proceso de sedimentación simple, tal como se puede observar en la **Gráfica 8**, si bien la disminución no es significativa, en base a los requerimientos de producción, se pueden obtener buenos resultados, pasando de valores máximos de 11,68 a 10,80.



Gráfica 8. pH experimento sedimentación agua residual.

2.4. Reutilización del agua reciclada en la elaboración de hormigón.

Tal como se mencionó en 1.3.2. 1.3.2 **Objetivos Específicos.**, se pretende además poder evaluar y validar el diseño del sistema de tratamiento del agua residual, mediante la reutilización del agua tratada, en la elaboración del hormigón, de modo de poder caracterizar física y estructuralmente a dichos hormigones. Como corolario de ello, se busca determinar a partir de resultados de ensayos, el impacto que genera el reemplazo parcial o total del agua residual por agua de mezclado y su incidencia en la calidad final del producto, es decir, comparar la resistencia a la compresión simple, la durabilidad, los tiempos de fraguado, entre otras características con los valores característicos de los hormigones convencionales. Dicho trabajo de investigación, excede al alcance del presente trabajo, motivo por el cual se presentan a modo orientativo, los primeros resultados obtenidos de ensayos realizados a través del proyecto de investigación PID antes mencionado.

Se procedió a elaborar pastones de prueba. Para los mismos se contó con los materiales o materias primas de acopio utilizados por la empresa colaboradora, tales como agregados gruesos y finos, cemento y aditivos, como así también para la dosificación se contó con la fórmula correspondiente a un hormigón de línea o de comercialización de la empresa, la cual opera de acuerdo con CIRSOC 201/2005 bajo el modo de producción MODO I, a través de un sistema de gestión de la calidad, con procesos de producción basados en la norma ISO 9001:2015. De esta manera se buscó evaluar, en una primera instancia, todas aquellas variaciones que puedan encontrarse respecto al hormigón de referencia, para posteriormente definir el correcto marco teórico de aplicación del agua reciclada.

2.4.1. Materiales y procedimiento.

2.4.1.1. Cemento.

Se utilizó un cemento portland tipo “compuesto” (CPC), clase “50”, de acuerdo con la clasificación de la Norma IRAM 50000 – “Cementos de uso general”⁴³, apto para su uso en hormigones simples, armados o pretensados, el cual fue extraído de silos de acopio de planta elaboradora. Este tipo de cemento es el de uso comercial habitual en el país, especialmente en la Región Centro y Mesopotamia. Su composición general de acuerdo con CIRSOC 201/2005²⁸ resulta:

Designación			Composición (g/100 g)				
Tipo de Cemento	Nomenclatura	Clase Resistente	Clinker + sulfato de calcio	Puzolana o ceniza volante silíceo (P o CV)	Escoria (E)	"Filler" calcáreo (F)	Compuestos minoritarios
Cemento Portland Compuesto	CPC	50	94 - 65	Dos o más, con $6 \leq (P+E+F) \leq 35$ y $F \leq 35$			0 - 5

Tabla 23. Composición general del cemento CPC-50.

Se cuenta además para la caracterización del cemento utilizado, la correspondiente hoja de protocolo del control estadístico informado por el autocontrol elaborado por la empresa proveedora del cemento, tal como se puede observar en la **Tabla 25**.

2.4.1.2. Agregado Grueso.

Se utilizó un agregado natural silíceo tipo canto rodado, de clasificación tipo “grava lítica”, el cual es extraído de canteras ubicadas en la región Mesopotámica de la Argentina, específicamente de la costa del río Uruguay, tanto en la provincia de Entre Ríos y Corrientes, con un tamaño máximo nominal de agregado 6 a 20 mm, módulo de finura de 6,73 y una curva de distribución granulométrica indicada en la **Gráfica 9**, de acuerdo con los límites de la Norma IRAM 1627 para agregados gruesos.

De acuerdo a petrografía indicada se corresponde a una grava de tonalidad castaño amarillento clara, integrada por clastos redondeados y bien redondeados, subordinados subredondeados y escasos subangulosos, mayormente integrada por cuarzo, litoclastos sedimentarios y calcedonia. En baja proporción, posee clastos partidos. El cuarzo forma clastos blanquecinos y blanquecino amarillentos. Los líticos están integrados por limolitas y subordinadas arenitas con tamaños de grano muy fino a fino, de coloraciones variadas (castañas, castaño oscuras hasta rojizas y castaño grisáceas. La calcedonia forma clastos de formas irregulares y es el componente que despliega los colores más variados, presenta estructura bandeado fibrosa y puede tener cuarzo asociado.

Tal como lo menciona (IRAM 1531, 2016)⁴⁴, se debe tener especial consideración con los agregados tipo canto rodados silíceos del río Uruguay, debido a la posibilidad de presentar un

comportamiento deletéreo en servicio o de expansión, motivo por el cual se recomienda su evaluación mediante IRAM 1700.

2.4.1.3. Agregado Fino.

Se utilizó una arena natural gruesa tipo sílicea de lavado, de clasificación tipo “arena sublítica”, la cual es extraída de canteras ubicadas en las márgenes del Río Uruguay, en la provincia de Entre Ríos, módulo de finura de 2,61 y una distribución granulométrica indicada en la **Gráfica 10**, de acuerdo a los límites de la Norma IRAM 1627 para agregados finos.

De acuerdo a petrografía indicada se corresponde a una arena de tonalidad castaño amarillento clara, integrada por clastos subredondeados, subordinados redondeados y, en los tamaños mayores, escasos subangulosos. En muy escasa proporción, posee partículas friables (arenitas poco cementadas, limolitas, núcleos de arcillas).

Mineralógicamente se halla compuesta por cuarzo, feldespatos, líticos, calcedonia, vidrio volcánico y minerales accesorios tales como circón, hornblenda, lamprobolita, hipersteno, turmalina y magnetita.

2.4.1.4. Aditivos químicos.

En este caso se utilizó un aditivo reductor de agua, plastificante y superfluidificante de medio rango, de uso comercial en la Argentina, cumple con la Norma IRAM 1663, con los requisitos ASTM C494 para aditivos tipo A, reductores de agua y tipo F, reductores de agua de alto rango. Su composición química se indica en la **Tabla 24**.

Nombre químico	Concentración (%)
Naphtalensulfonic acid-formaldehyde condensate sodium salt	≥ 5 - < 10
1,2-bencisotiazol-3(2H)-ona	≥ 0,1 - < 1

Tabla 24. Composición química de aditivo reductor de agua.

→ Dosificación recomendada:

- I. Reducción de agua: entre 6% y 18% 2. Dosis: puede variar entre 0,3% a 1,4% del peso del cemento de acuerdo con el efecto deseado y la forma de uso.
- II. Como plastificante – reductor de agua: entre 0,3% y 0,6% agregándose al principio de la mezcla del hormigón , simultáneamente con el agua de amasado.
- III. Como superfluidificante: entre 0,5% y 1,4%.

La variación en la dosis depende del aumento de asentamiento deseado, el aumento de resistencias proyectado y los materiales usados en la dosificación; generalmente el uso de adiciones modifica ligeramente las cantidades a usar.

2.4.1.5. Agua reciclada.

Del agua recolectada se utilizaron alrededor de 60 litros de agua reciclada (RW), producto de someter al agua residual de muestreo a una sedimentación simple, con el motivo de replicar la concentración de ciertos parámetros que se correlacionan con los del agua tratada, puesto que es la forma última en que se evaluará la utilización de la misma. El agua reciclada fue almacenada en bidones y botellas para el desarrollo de las pruebas de laboratorio. El agua recogida presentó cierto grado de turbidez por las partículas sólidas en suspensión, tal como puede apreciarse en la **Imagen 20**.

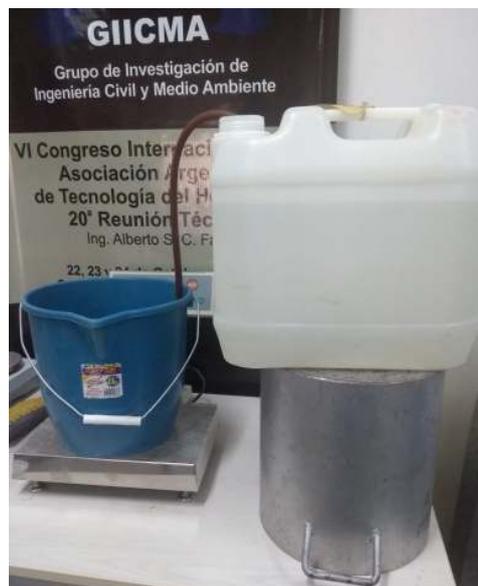


Imagen 20. Decantación simple y trasvase de agua residual, para convertirla en agua reciclada.

De las muestras extraídas se realizó la evaluación de temperatura, nivel de pH, conductividad y contenido de sales disueltas. Los valores promedios del agua reciclada fueron respectivamente 10,78 para el pH y 744,33 ppm para el TDS. Claramente se demuestra la correlación con los valores obtenidos en el experimento de decantación simple o de reducción de concentraciones.

A partir de dichos resultados, se decidió elaborar los pastones de prueba utilizando el agua reciclada obtenida, considerando las significativas variaciones en los valores representativos de pH y sales disueltas respecto a los valores límites de 4 para pH y de 50000 ppm para TDS, según Norma IRAM 1601²⁹.

L.Negra-IC

Emitido por: CTA - Centro Técnico

Edición de: 2021/10/04

10:26

CONTROL ESTADÍSTICO

Entidad de Procedencia: Lomaser
Producto: CPC 50
Variante: Todas
Entidad de toma de muestra: Lomaser
Naturaleza de toma de muestra: AC - Autocontrol
Grupo de Naturalezas:

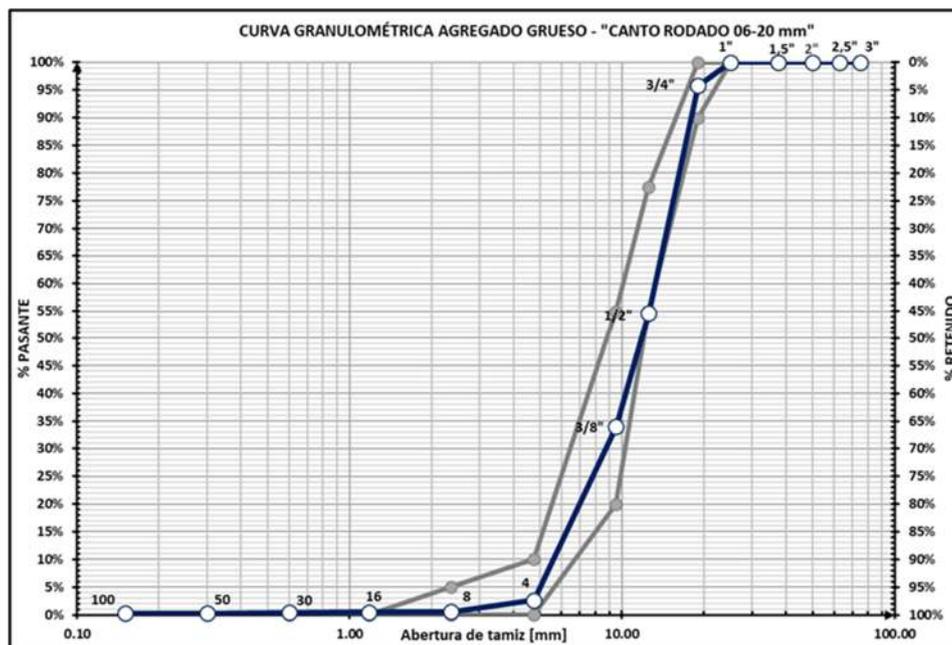
Ensayos	Unidad	Entidad	Método	ESTADÍSTICAS de a			Estadística Mensual de los 3 últimos meses					
				2021/07/01		2021/09/30	jul/21		ago/21		sep/21	
				N	Media	Desviación	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Pérdida al Fuego (975 C)	%	LOM	MI	42	3,97	0,34	3,99 (17)	0,39	3,95 (17)	0,35	3,96 (8)	0,25
Óxido de Silicio	%	LOM	FRXPA	42	22,78	0,51	22,38 (17)	0,57	23,09 (17)	0,26	22,98 (8)	0,10
Óxido de Aluminio	%	LOM	FRXPA	42	5,97	0,43	5,60 (17)	0,41	6,17 (17)	0,23	6,35 (8)	0,09
Óxido de Hierro (III)	%	LOM	FRXPA	42	3,34	0,27	3,57 (17)	0,24	3,24 (17)	0,20	3,09 (8)	0,08
Óxido de Calcio Total	%	LOM	FRXPA	42	56,00	0,70	56,39 (17)	0,96	55,73 (17)	0,29	55,73 (8)	0,14
Óxido de Magnesio	%	LOM	FRXPA	42	1,94	0,21	1,79 (17)	0,25	2,06 (17)	0,09	2,00 (8)	0,04
Trióxido de Sufre	%	LOM	FRXPA	42	2,86	0,33	2,93 (17)	0,06	2,82 (17)	0,52	2,79 (8)	0,08
Óxido de Sodio	%	LOM	FRXPA	41	0,04	0,02	0,05 (17)	0,01	0,03 (16)	0,01	0,03 (8)	0,02
Óxido de Potássio	%	LOM	FRXPA	42	0,77	0,12	0,77 (17)	0,04	0,77 (17)	0,19	0,78 (8)	0,02
Granulom. 75 µm #200	%	LOM	IRAM16 ²¹	42	0,80	0,17	0,69 (17)	0,16	0,84 (17)	0,17	0,94 (8)	0,05
Granulometría 45 µm	%	LOM	MI	42	2,54	0,46	2,30 (17)	0,40	2,51 (17)	0,37	3,09 (8)	0,32
Superficie específica Blaine	m2/Kg	LOM	IRAM16 ²¹	42	432,6	19,9	437,8 (17)	23,7	433,7 (17)	17,2	419,0 (8)	11,6
Inicio de Fraguado	min	LOM	IRAM16 ²¹	42	150	16	146 (17)	21	153 (17)	12	152 (8)	11
Água de Amasado Normal	%	LOM	IRAM16 ²¹	42	28,6	0,2	28,6 (17)	0,2	28,6 (17)	0,1	28,7 (8)	0,1
Resistencia Compresión 2 días	MPa	LOM	IRAM16 ²¹	40	23,9	1,4	24,5 (17)	1,5	23,3 (17)	1,1	23,7 (6)	1,1
Resistencia Compresión 7 días	MPa	LOM	IRAM16 ²¹	27	40,5	2,6	41,3 (10)	2,1	40,2 (14)	3,0	39,0 (3)	2,5
Resistencia Compresión 28 días	MPa	LOM	IRAM16 ²¹	24	53,3	1,4	53,4 (15)	1,2	53,0 (9)	1,8	- (0)	*

(n) Número de resultados para las estadísticas mensuales

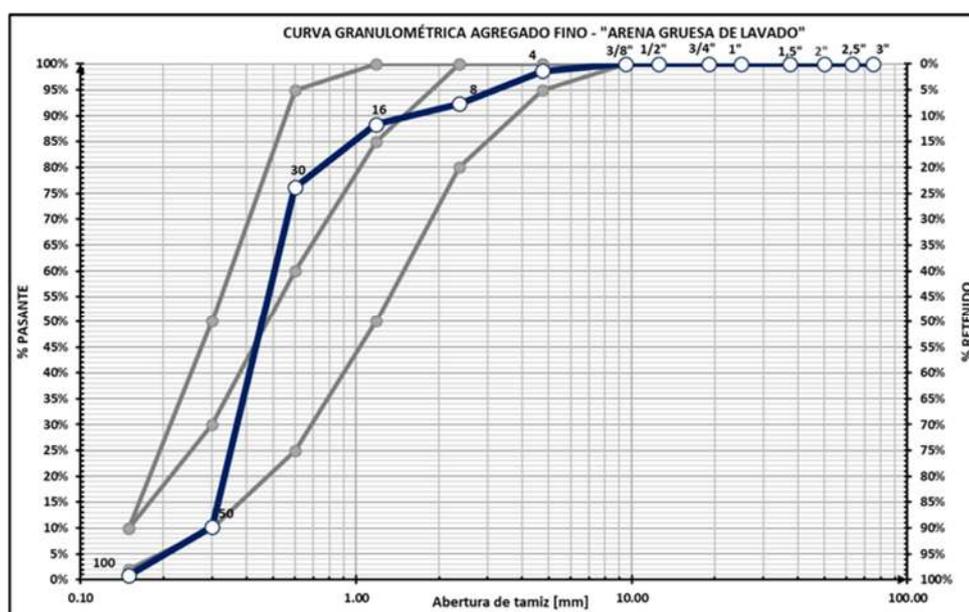
Página 1 / 1

*Número de resultados insuficiente para cálculos estadísticos

Tabla 25. Hoja de protocolo de cemento. Control estadístico.



Gráfica 9. Curva granulométrica agregado grueso CR 06-20.



Gráfica 10. Curva granulométrica agregado fino "Arena Gruesa".

2.4.2. Dosificación.

El diseño de la mezcla fue seleccionado en base a una dosificación tradicional de la empresa elaboradora. En este caso se optó por la dosificación de un hormigón clase H30 (CIRSOC 201/2005²⁸), la cual es de producción y uso habitual en la región o una de las más elegidas por los calculistas. En la **Tabla 26** se puede observar dicha dosificación, la cual corresponde al pastón de referencia o base. A su vez, esta dosificación fue replicada en dos pastones adicionales, pastón N.º 2 y N.º 3, pero con el reemplazo parcial del agua potable por agua reciclada. Este reemplazo se realizó en porcentajes del 25 % y 35 % respectivamente.

Material	Densidad Kg/dm ³	1 m ³		Pastón de prueba:		65 dm ³	
		Peso Kg	Volumen dm ³	Absorción %	Humedad %	Peso SSS Kg	Peso Hum. Kg
Cemento CPC50	3,12	365,00	116,99			23,72	23,72
Agua Potable	1,00	170,00	170,00			11,05	10,50
Agua Reciclada	1,00	0,00	0,00			0,000	0,000
Arena Fina	2,60	699,80	269,15	0,36	2,07	45,49	46,26
Canto Rodado 06-20 mm	2,63	1123,06	426,69	0,71	0,40	73,00	72,77
Aditivo Plast. y Superfluidificante	1,18	2,56	2,17			0,17	0,17
Aire	0,0012	0,02	15,00			0,001	0,001

Tabla 26. Dosificación H30 parámetro – 0% de agua reciclada.

2.4.3. Elaboración del hormigón.

Como se mencionó, el diseño de las mezclas se estableció de acuerdo con las proporciones empleadas por la empresa colaboradora, con excepción del reemplazo parcial del agua potable por el agua reciclada en estudio. Por lo tanto, se elaboraron tres dosificaciones con igual cantidad de materiales, pero variando el porcentaje de agua reciclada a incorporar en el orden de 0 %, 25 % y 35 % respecto al contenido de agua total de la dosificación patrón. En total se elaboraron y evaluaron nueve pastones de 65 [dm³] de volumen cada uno. Se replicó tres veces la elaboración para cada porcentaje de reemplazo con el fin de evaluar desvíos o patrones en el comportamiento de la dosificación, para luego enfocar el estudio en los mismos.

Inicialmente, el primer pastón contenía sólo agua potable, recolectada directamente del laboratorio, siendo nombrado como el pastón de referencia o parámetro. En esta etapa, se agregaron los materiales a la hormigonera y se mantuvieron en el proceso de mezclado durante aproximadamente cinco (5) minutos hasta que la mezcla fuese homogénea. Se procedió al volcado sobre una superficie metálica e inmediatamente se realiza la medición de la temperatura inicial del pastón. Poco después, se llevó a cabo una prueba de asentamiento mediante el tronco cono de Abrams (según Norma IRAM 1536)⁴⁵, la determinación de la densidad aparente o peso unitario volumétrico (PUV) y la medición del contenido de aire mediante el aparato de Washington (según Norma IRAM 1602)⁴⁶. También se realizó la toma de muestra para la determinación del tiempo de comienzo de fragüe del mortero de hormigón. De manera simultánea se realizó el moldeo de probetas para los ensayos de resistencia a compresión (según Norma IRAM 1524)⁴⁷. Posteriormente, el procedimiento de elaboración de los pastones continuó con las mismas condiciones y proporciones que el pastón de referencia, pero con el reemplazo parcial del agua de mezclado por el agua en estudio.

Para la determinación del tiempo de fragüe del mortero de cada pastón se obtuvieron muestras de mortero de cemento, el cual fue tamizado utilizando tamiz de abertura 4,75 [mm], para luego moldear sobre probetas cilíndricas de 100 [mm] de diámetro y 100 [mm] de alto, las que se

dejaron en cámara de curado para mantener constantes las condiciones de temperatura y humedad de las muestras. Para las mediciones de resistencia a la penetración se empleó un penetrómetro de hormigón ligero tipo resorte, basado en norma ASTM C403⁴⁸, en la cual se considera que el fraguado inicial se da para un valor de penetración del orden de los 35 [Kg/m²].

Las probetas cilíndricas de ensayo se moldearon por triplicado y luego se almacenaron en cámara de curado para la determinación de la resistencia a la compresión a las edades de 7, 28 y 56 días. En total, se moldearon 27 probetas, 9 para cada dosificación divididas en las tres edades diferentes. Las muestras se sometieron a al ensayo de compresión estandarizada (según Norma IRAM 1546)⁴⁹.

2.4.4. Resultados.

2.4.4.1. Hormigón en estado fresco.

Como se mencionó, los parámetros característicos del hormigón en estado fresco evaluados fueron la consistencia mediante el ensayo del tronco cono de Abrams, temperatura inicial del pastón, PUV y contenido de aire mediante aparato de Washington, Estos resultados se presentan en la **Tabla 27**.

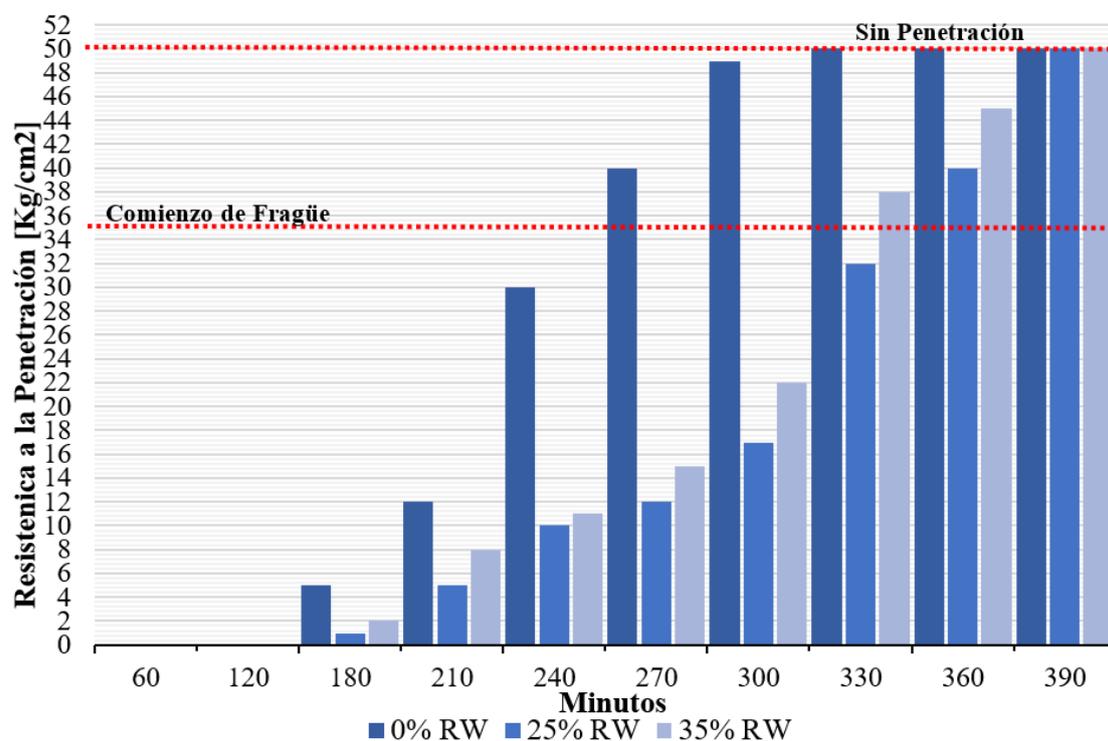
Agua Reciclada (RW)	Prueba N°	Asentamiento [cm]		Temperatura H° [°C]		Contenido de Aire [%]		PUV [Kg/m ³]	
		Valor	Prom.	Valor	Prom.	Valor	Prom.	Valor	Prom.
RW 0%	1	12,50	15,33	29,00	25,50	2,80	2,37	2354,0	2372,00
	2	18,00		25,20		1,80		2388,0	
	3	15,50		22,30		2,50		2374,0	
RW 25%	1	17,00	18,33	28,70	25,43	2,20	2,33	2365,0	2324,00
	2	20,00		24,60		2,30		2319,0	
	3	18,00		23,00		2,50		2290,0	
RW 35%	1	18,50	21,33	29,10	25,97	2,30	2,17	2388,0	2374,33
	2	24,50		24,50		1,90		2376,0	
	3	21,00		24,30		2,30		2359,0	

Tabla 27. Valores de parámetros característicos del hormigón en estado fresco.

La consistencia normal o promedio del pastón realizado mediante la dosificación patrón, es decir sin incorporación de agua reciclada, es del orden de los 15 [cm], de acuerdo a los registros informados por la empresa con un desvío del orden de $\pm 3,00$ [cm], observamos en la **Tabla 27** que para todos los casos se obtuvo dicha variación en el asentamiento medido mediante cono de Abrams, con un valor promedio de 15,33 [cm].

Luego para la incorporación de un 25 % de agua reciclada respecto al agua total de la dosificación, se observa que los valores de asentamientos obtenidos varían ligeramente respecto a los obtenidos con la dosificación patrón, en el orden de +3 puntos de asentamiento, con un valor promedio de 18,33 [cm].

Para el caso de la incorporación de un 35 % de agua reciclada respecto al agua total de la dosificación, se observa un significativo aumento de la consistencia de los pastones, con un valor promedio de 21,33 [cm] respecto a los 15,33 [cm] de la dosificación patrón, es decir el doble de variación (+6 puntos de asentamiento medido) en comparación con la incorporación de un 25 % de agua reciclada. Se observaron pastones de aspecto fluido, homogéneos y uniformes, con una leve exudación y presencia de burbujas de aire. Sin embargo, de acuerdo a los valores obtenidos de aire incorporado no se observaron significativas variaciones, al igual que con la temperatura inicial de elaboración, con un valor promedio del orden de los 25,63 [°C]. El peso unitario volumétrico de los pastones fue del orden de los 2356,80 [Kg/m³].



Gráfica 11. Tiempo de fragüe del hormigón según porcentaje de variación de agua reciclada.

Como se observa en la **Gráfica 11**, para la dosificación patrón, el comienzo de fragüe se da de manera acelerada pasados los 240 minutos desde el primer contacto de las partículas de cemento con el agua, alcanzando resistencias superficiales significativas al cabo de los 270 minutos desde el mezclado, comportamiento habitual para este tipo de dosificación. Si se comparan los tiempos de fragüe de los hormigones con incorporación de agua reciclada se observa un patrón de comportamiento para este ensayo, donde el proceso de hidratación se desarrolla de manera paulatina y más lenta, alcanzando el comienzo de fragüe al cabo de 330 minutos en adelante.

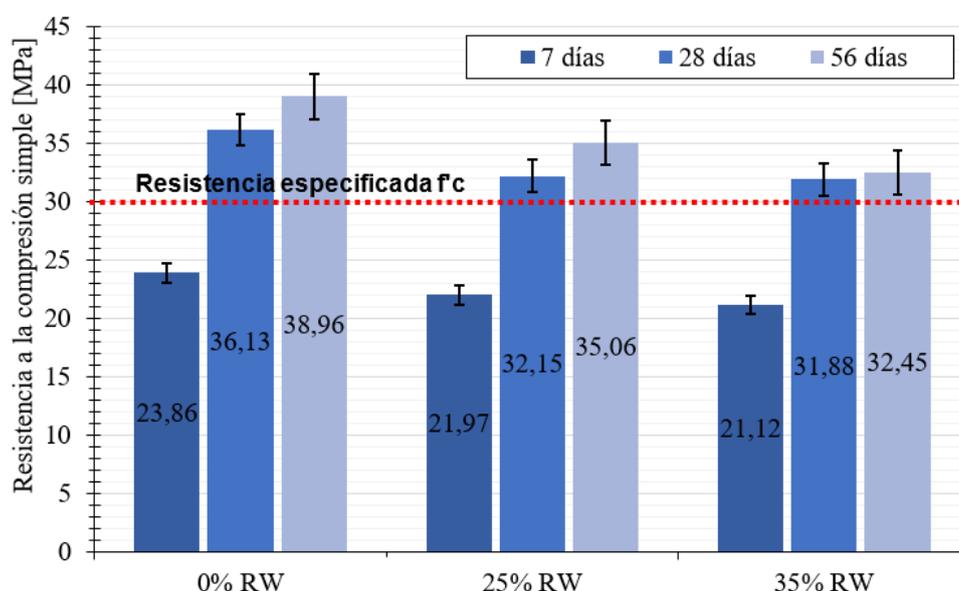
A partir de estos resultados se puede concluir que, a medida que se incrementa el porcentaje de reemplazo de agua reciclada, los hormigones presentaron una variación de la consistencia de plástica a fluida evidenciado por el aumento del asentamiento, y un aumento del tiempo de comienzo de fragüe, en referencia a la dosificación base y para los mismos tiempos de prueba.

Cabe aclarar que, en base a la bibliografía consultada, el efecto del incremento de agua reciclada debe resultar en una reducción de la fluidez debido a la presencia de las partículas sólidas y alta alcalinidad. Esta última genera una influencia en las propiedades eléctricas de unión, en la superficie de las partículas de cemento.

Debido a esto, los resultados obtenidos se podrían justificar con el empleo del aditivo superplastificante, cuya molécula permite el recubrimiento total de las partículas de cemento incorporando cargas de signo negativo a las mismas, que neutralizan las fuerzas de atracción electrostáticas existentes entre dichas partículas y dificultan el citado fenómeno de floculación. A su vez se podría considerar que el mayor valor del asentamiento obtenido, con el incremento del contenido de agua reciclada, puede estar también influenciado por rastros de aditivo superfluidificante presentes en el agua de lavado.

2.4.4.2. Hormigón en estado endurecido.

En la **Gráfica 12** se presentan los valores de la resistencia a la compresión simple de los hormigones con 0 %, 25 % y 35 % de agua reciclada respectivamente, para las edades de 7, 28 y 56 días. Para el hormigón patrón se obtuvieron valores del orden a los informados por la planta elaboradora, y se observa que para la edad temprana de 7 días las resistencias de los pastones elaborados con agua reciclada también presentan un comportamiento similar. Sin embargo, para edades mayores tales como 28 y 56 días, conforme aumenta el porcentaje de agua reciclada, los valores de resistencia a la compresión simple presentaron una tendencia a la disminución del orden del 10 % al 11 %.



Gráfica 12. Variación de la resistencia a la compresión simple según porcentaje de RW por edades.

Al analizar los datos, si bien todas las muestras cumplen con la resistencia especificada considerada por los criterios de conformidad del hormigón bajo MODO I de control, se aprecia

la tendencia a una disminución de la resistencia a medida que se incrementa el porcentaje de agua residual.

En principio se puede concluir que, para estas dosis, el agua residual de la empresa se puede utilizar en la elaboración de este tipo de mezclas comerciales, ya que no tiene un comportamiento que impacte negativamente y de forma significativa.

2.4.5. Consideraciones en base a los resultados.

Los ensayos realizados se corresponden con la primera parte del proyecto de investigación PID antes mencionado, cuyo desarrollo se proyecta en tres años de duración. Con éstos se buscó evaluar el comportamiento de una dosificación patrón o comercial, analizando la variación de sus parámetros característicos en estado fresco y endurecido, ante la incorporación de porcentajes relativos de agua reciclada producto del lavado de camiones mixers. Basado en los resultados obtenidos, se establecieron las siguientes consideraciones finales:

El incremento del contenido de agua reciclada aumentó progresivamente el asentamiento (es decir, aumentó la fluidez de la mezcla) pasando de una consistencia plástica a muy plástica y fluida. Esto se puede deber al elevado pH que modifica la reología de las mezclas.

El proceso de fragüe se produce de manera más lenta en comparación con la dosificación base. Es decir, el comienzo de fragüe se registra a mayores tiempos a medida que se incrementa el porcentaje de reemplazo de agua reciclada. En principio habría una incidencia de la alta alcalinidad del agua en el retraso del comienzo del fraguado, pero se deben realizar más estudios al respecto.

Las resistencias de los pastones elaborados con agua reciclada presentan un comportamiento similar a la del pastón de referencia para la edad temprana de 7 días. Sin embargo, conforme aumenta el porcentaje de agua reciclada, los valores de resistencia a la compresión simple presentaron una tendencia a la disminución. No obstante, los hormigones que contienen agua reciclada presentaron resistencias a la compresión compatibles con la dosificación de referencia, alcanzando el 88% de la resistencia para 35% de reemplazo de agua reciclada y cumpliendo con los requerimientos de la resistencia de diseño.

En conjunto, fue posible producir hormigones con sustitución parcial de agua potable por reciclada, sin deterioros significativos en propiedades frescas y endurecidas. Sin embargo, cabe aclarar que estos son los primeros resultados de la investigación con los agregados y cemento de la zona, y se continuará evaluando el efecto del reemplazo sin el empleo de aditivos químicos en las mezclas con el fin de identificar su influencia en los resultados. Por otro lado, también se buscará evaluar los parámetros de durabilidad de los hormigones. Dichos trabajos de investigación escapan al alcance del presente trabajo.

Capítulo III

Diseño y dimensionamiento

3.1. Diseño hidráulico.

3.1.1. SEDIMENTADOR PRINCIPAL.

3.1.1.A. PARÁMETROS DE DISEÑO.

De la Tabla 20 "Cantidades de agua residual diaria" se obtiene el valor del caudal medio diario actual que produce la planta.

a. Caudal medio diario:	$Q_{MD} = 8,00$	$[m^3/día]$			(dato)
b. Factor de seguridad:	$FS = 1,50$	[adimensional]	*		
c. Caudal de diseño:	$Q_D = 12,00$	$[m^3/día]$	0,50	$[m^3/h]$	0,00014 $[m^3/s]$ (a x b)
d. Carga superficial de diseño:	$C_{SO} = 2,00$	$[m^3/día.m^2]$			** (dato)

NOTAS:

* Factor de seguridad que depende del grado de incertidumbre o desvío respecto a los valores de datos estadísticos de caudal, pudiendo variar entre 1,10 a 3,00. Considerando además la condición de aumento de la producción en periodos de mayor consumo, directamente proporcional al aumento del caudal de

** Valor obtenido de Tabla 9 "Valores de cargas superficiales generales", adoptando como tipo de material "limos y arcillas", considerando se garantiza la operación de separación de agregados o sólidos de gran tamaño o decantados.

3.1.1.B. DIMENSIONAMIENTO.

a. Área del sedimentador necesaria:	$A_S = 6,00$	$[m^2]$			(Ecuación 3)
b. Relación de lados horizontal:	$(L_s/B_s) = 2,50$	[adimensional]	*		(dato)
c. Ancho necesario del sedimentador:	$B_s = 1,55$	[m]			(Ecuación 6)
d. Ancho necesario adoptado:	$B_{s_{adopt.}} = 1,60$	[m]			
e. Longitud necesaria del sedimentador:	$L_s = 3,87$	[m]			(Ecuación 7)
f. Longitud necesaria adoptada:	$L_{s_{adopt.}} = 4,00$	[m]			
g. Verificación:	$(L_s/B_s) = 2,50$	[adimensional]	VERIFICA		(f/d)
h. Área del sedimentador adoptada:	$A_{s_{adop.}} = 6,40$	$[m^2]$			(d x f)
i. Relación de lados vertical:	$(L_s/H_s) = 5,00$	[adimensional]	**		(dato)
j. Profundidad necesaria del sedimentador:	$H_s = 0,80$	[m]			(Ecuación 8)
k. Profundidad necesaria adoptada:	$H_{s_{adopt.}} = 0,80$	[m]			
l. Verificación:	$(L_s/H_s) = 5,00$	[adimensional]	VERIFICA		(f/k)
m. Volumen necesario del sedimentador:	$V_s = 5,12$	$[m^3]$			(d x f x k)
n. Velocidad horizontal:	$U_H = 0,00011$	$[m/s]$		$0,011$ $[cm/s]$	(Ecuación 11)
ñ. Tiempo de retención:	$T_{RH} = 0,43$	[días]		$10,24$ [h]	(Ecuación 15)
o. Pendiente del fondo del sedimentador:	$i = 10,00$	[%]	> 10 [%]	VERIFICA	(dato)
p. Altura máxima de sedimentador:	$H_{SMáx.} = 0,88$	[m]			(Ecuación 9)
q. Altura máx. de sedimentador adoptada:	$H_{SMáx.} = 0,90$	[m]			
r. Volumen real de tolva sedimentadora:	$V_r = 5,44$	$[m^3]$			(d x f x ((k+q)/2)
s. Remoción de sólidos suspendidos totales:	$R_{ST} = 67,88$	[%]			(Ecuación 14)
Coeficientes adoptados:	$a = 0,0075$	[adimensional]			
	$b = 0,014$	[adimensional]			
t. Longitud de acceso adoptada:	$L_a = 6,40$	[m]**			
u. Ángulo de pendiente de acceso:	$\alpha = 0,14$	[rad]	8 [°] ****	≤ 12 [°]	VERIFICA $(\arctg^{-1}(q/t))$
v. Largo real de pileta sedimentadora:	$L_r = 8,00$	[m]			(d + t)
w. Altura de vertedero de salida:	$H_v = 0,17$	[m]			(Ecuación 11)
x. Ancho de vertedero de salida:	$b_v = 1,00$	[m]			(Adoptado)
y. Espesor de vertedero de salida:	$e_v = 0,15$	[m]			(Adoptado)

NOTAS:

* Parámetro de diseño adoptado según bibliografía de Arboleda (2000), Tabla 10 "criterios de diseño para sedimentadores rectangulares".

** Parámetro de diseño adoptado según bibliografía de Arboleda (2000), Tabla 10 "criterios de diseño para sedimentadores rectangulares".

*** Longitud de acceso a la tolva/pileta de sedimentación adoptada en función de la metodología de limpieza indicada, con la necesidad de ingreso de una máquina de ancho aprox. 4 [m]

**** En función de la altura máxima de sedimentador adoptada.

3.1.2. SEDIMENTADOR SECUNDARIO.

3.1.2.A. PARÁMETROS DE DISEÑO.

Para la determinación del caudal de diseño del sedimentador secundario, se considera el caudal de aporte del sedimentador principal a través del vertedero de salida, de modo que se calcula dicho caudal en función de los parámetros de diseño de dicho vertedero.

a. Altura adoptada vertedero ingreso:	$H_v = 0,17$	[m]			(dato)
b. Ancho adoptado vertedero ingreso:	$b_v = 1,00$	[m]			(dato)
c. Espesor adoptado vertedero ingreso:	$e_v = 0,15$	[m]			(dato)
d. Relación de lados horizontal de vertedero:	$(e_v/H_v) = 0,90$	[adimensional]	≤ 3	VERIFICA	(c/a)
e. Coeficiente reducción de Bazin	$\epsilon_1 = 0,91$	[adimensional]			
f. Ecuación de Rehbock	$C_D = 0,62$	[adimensional]			
g. Caudal de aporte o de diseño:	$Q_{D2} = 2,70$	[m ³ /día]	0,11 [m ³ /h]	0,000031 [m ³ /s]	(Ecuación 16)
h. Carga superficial:	$C_{so(2)} = 0,64$	[m ³ /día.m ²]	*		(Cso - Cso.Rs _T)

NOTAS:

* Parámetro obtenido al considerar la reducción de carga superficial debido a la sedimentación primaria en un orden de retención del 67,88 [%] de sólidos.

3.1.2.B. DIMENSIONAMIENTO.

a. Área del sedimentador necesaria:	$A_s = 4,21$	[m ²]			(Ecuación 3)
b. Relación de lados horizontal:	$(L_s/B_s) = 3,00$	[adimensional]	*		(dato)
c. Ancho necesario del sedimentador:	$B_s = 1,18$	[m]			(Ecuación 6)
d. Ancho necesario adoptado:	$B_{s\text{adopt.}} = 1,20$	[m]			
e. Longitud necesaria del sedimentador:	$L_s = 3,55$	[m]			(Ecuación 7)
f. Longitud necesaria adoptada:	$L_{s\text{adopt.}} = 4,00$	[m]			
g. Verificación:	$(L_s/B_s) = 3,33$	[adimensional]	VERIFICA		(f/d)
h. Área del sedimentador adoptada:	$A_{s\text{adop.}} = 4,80$	[m ²]			(d x f)
i. Relación de lados vertical:	$(L_s/H_s) = 5,00$	[adimensional]	**		(dato)
j. Profundidad necesaria del sedimentador:	$H_s = 0,80$	[m]			(Ecuación 8)
k. Profundidad necesaria adoptada:	$H_{s\text{adopt.}} = 0,80$	[m]			
l. Verificación:	$(L_s/H_s) = 5,00$	[adimensional]	VERIFICA		(f/k)
m. Volumen necesario del sedimentador:	$V_s = 3,84$	[m ³]			(d x f x k)
n. Velocidad horizontal:	$U_H = 0,000033$	[m/s]	0,0033 [cm/s]		(Ecuación 11)
ñ. Tiempo de retención:	$T_{RH} = 1,42$	[días]	34,07 [h]		(Ecuación 15)
o. Pendiente del fondo del sedimentador:	$i = 10$	[%]	> 10 [%]	VERIFICA	(dato)
p. Altura máxima de sedimentador:	$H_{SM\text{m}\acute{a}x} = 0,88$	[m]			(Ecuación 9)
q. Altura máx. de sedimentador adoptada:	$H_{SM\text{m}\acute{a}x} = 0,90$	[m]			
r. Volumen real de tolva sedimentadora:	$V_r = 4,08$	[m ³]			(d x f x ((k+q)/2)
s. Remoción de sólidos suspendidos totales:	$R_{ST} = 70,32$	[%]			(Ecuación 14)
Coeficientes adoptados:	$a = 0,0075$	[adimensional]			
	$b = 0,014$	[adimensional]			
t. Longitud de acceso adoptada:	$L_a = 6,80$	[m]***			
u. Ángulo de pendiente de acceso:	$\alpha = 0,13$	[rad]	8 [°]****	$\leq 12[°]$	VERIFICA (arctg-1(q/t))
v. Largo real de pileta sedimentadora:	$L_r = 8,00$	[m]			(d + t)
w. Altura de vertedero de salida:	$H_v = 0,06$	[m]			(Ecuación 11)
x. Ancho de vertedero de salida:	$b_v = 0,40$	[m]			(Adoptado)
y. Espesor de vertedero de salida:	$e_v = 0,15$	[m]			(Adoptado)

NOTAS:

* Parámetro de diseño adoptado según bibliografía de OPS/CEPIS (2005), Tabla 10 *criterios de diseño para sedimentadores rectangulares*.

** Parámetro de diseño adoptado según bibliografía de Arboleda (2000), Tabla 10 *criterios de diseño para sedimentadores rectangulares*.

*** Longitud de acceso a la tolva/pileta de sedimentación adoptada en función de la metodología de limpieza indicada, con la necesidad de ingreso de una máquina de ancho aprox. 4 [m]

**** En función de la altura máxima de sedimentador adoptada.

3.1.3. TANQUE DE FILTRACIÓN.

3.1.3.A. PARÁMETROS DE DISEÑO.

Para la determinación del caudal de diseño del tanque de filtración, se considera el caudal de aporte del sedimentador secundario a través del vertedero de salida, de modo que se calcula dicho caudal en función de los parámetros de diseño de dicho vertedero.

a. Altura adoptada vertedero ingreso:	Hv =	0,06	[m]				(dato)
b. Ancho adoptado vertedero ingreso:	bv =	0,40	[m]				(dato)
c. Espesor adoptado vertedero ingreso:	ev =	0,15	[m]				(dato)
d. Relación de lados horizontal de vertedero:	(ev/Hv) =	2,43	[adimensional]	≤ 3	VERIFICA		(c/a)
e. Coeficiente reducción de Bazin	ε1 =	0,78	[adimensional]				
f. Ecuación de Rehbock	CD =	0,61	[adimensional]				
g. Caudal de aporte o de diseño:	QD3 =	0,21	[m ³ /día]	0,01 [m ³ /h]	0,000002	[m ³ /s]	(Ecuación 16)
h. Carga superficial:	Cso(3) =	0,80	[m ³ /día.m ²]	*			(Cso - Cso.RsT)

NOTAS:

* Parámetro obtenido al considerar la reducción de carga superficial debido a la sedimentación secundaria en un orden de retención del 70,21 [%] de sólidos.

3.1.3.B. DIMENSIONAMIENTO CAJA DE FILTRO.

a. Velocidad de filtración máxima:	UF = qf =	0,30	[m ³ /día.m ²]	0,0125 [m/h]	3,47222E-06	[m/s]	(dato)
b. Número de módulos de filtro:	NF =	0,11	[Unidades]	< 1	VERIFICA		(Ecuación 18)
c. Número de módulos con caudal máximo:	NFV =	0,87	[Unidades]	< 1	VERIFICA		
d. Módulos de filtros adoptados:	NF adopt. =	1,00	[Unidades]				
e. Número de horas diarias de funcionamiento:	Nh =	8,00	[h/día]				(dato)
f. Área necesaria de filtro:	AF =	2,05	[m ²]				(Ecuación 17)
g. Coeficiente mínimo costo:	K =	1,00	[adimensional]				(Ecuación 20)
h. Longitud necesaria de caja de filtro:	LF =	1,43	[m]				(Ecuación 19)
i. Longitud adoptada de caja de filtro:	LF adopt. =	1,50	[m]				
j. Ancho de caja de filtro:	BF =	1,43	[m]				(Ecuación 19)
k. Ancho adoptado de caja de filtro:	BF adopt. =	1,50	[m]				
l. Área adoptada de caja de filtro:	AF adopt. =	2,25	[m ²]				(i x k)
m. Altura capa agua sobredrenante:	HCA =	0,85	[m]				(dato)
n. Altura lecho filtrante	Ha =	0,80	[m]				(dato)
o. Altura capa activa	Hf =	0,50	[m]				(dato)
p. Altura capa de soporte	HCS =	0,20	[m]	(en 3 capas diferente graduación)			(dato)
q. Altura capa de drenaje	HD =	0,15	[m]				(dato)
r. Altura de caja de filtro	HF =	2,00	[m]				(Ecuación 21)
s. Volumen de filtro:	VF =	4,50	[m ³]				(i x k x r)

3.1.3.C. DIMENSIONAMIENTO SISTEMA DE DRENAJE.

a. Diámetro de los orificios laterales:	Øo =	0,006	[m]	6 [mm]			(Adoptado)
b. Área de los orificios laterales:	Aco =	0,00003	[m ²]	28,27 [mm ²]			(Ecuación 25)
c. Velocidad máxima en conductos laterales:	UOF =	0,30	[m ³ /día.m ²]	0,0125 [m/h]	3,47222E-06	[m/s]	(dato)
d. Caudal de ingreso a cada orificio:	Qi =	8,48E-06	[m ³ /día]	3,53E-07 [m ³ /h]	9,82E-11	[m ³ /s]	(Ecuación 26)
e. Separación entre laterales o ramificaciones:	SEL =	0,30	[m]				(Adoptado)
f. Longitud total del filtro:	LTF =	1,50	[m]				(dato)
g. Número de laterales por lado:	NLF =	1,00	[Unidades]				(Adoptado)
h. Número de laterales o ramificaciones:	NL =	5,00	[Unidades]				(Ecuación 27)
i. Número de laterales adoptados:	NL adopt. =	5,00	[Unidades]				
j. Longitud de cada lateral:	LCL =	1,50	[m]				(dato)
k. Espacio entre orificios:	eo =	0,10	[m]				(Adoptado)
l. Cantidad de orificios por lateral:	So =	30,00	[Unidades]				(Ecuación 28)
m. Cantidad de orificios por lateral adoptad	So adopt. =	30,00	[Unidades]				
n. Número total de orificios:	No =	150,00	unidades				(Ecuación 29)
o. Área total de orificios:	ATO =	0,0042	[m ²]	4241,15 [mm ²]			(Ecuación 30)
p. Caudal de salida de filtro:	Qs =	1,27E-03	[m ³ /día]	5,30E-05 [m ³ /h]	3,53E-07	[m ³ /s]	(Ecuación 26)
q. Diámetro de tubería de salida:	DTS =	0,07	[m]	73,48 [mm]			(Ecuación 31)
r. Diámetro comercial adoptado:	DC adopt. =	90,00	[mm]				

3.1.4. LECHO DE SECADO.

3.1.4.A. PARÁMETROS DE DISEÑO.

a. Caudal de diseño:	$Q_{ds} = 12,00$ [m ³ /día]	0,50 [m ³ /h]	0,00014 [m ³ /s]	(dato)
b. Sólidos suspendidos totales:	$S_{ST} = 246130,00$ [mg/dm ³]	246,13 [Kg/m ³]		(dato)
c. Carga de sólidos:	$C_s = 2953,56$ [Kg/día]			(Ecuación 32)
d. Masa de sólidos:	$M_s = 959,91$ [Kg/día]			(Ecuación 33)
e. Densidad de lodos:	$\rho_L = 1050,00$ [Kg/m ³]			(dato)
f. Concentración de lodos en la masa total:	$C_L = 12,00$ [%]			(dato)
g. Volumen diario de lodos:	$V_{DLS} = 7,62$ [m ³]			(Ecuación 34)

3.1.4.B. DIMENSIONAMIENTO.

a. Altura lecho de secado:	$H_{LS} = 0,16$ [m]			(Adoptado)
b. Área del lecho de secado:	$A_{LS} = 47,61$ [m ²]			(Ecuación 35)
c. Ancho del lecho de secado	$B_{LS} = 4,00$ [m]			(Adoptado)
d. Longitud del lecho de secado	$L_{LS} = 11,90$ [m]			(Ecuación 36)
e. Longitud adoptada de lecho de secado:	$L_{LS\text{ adopt.}} = 12,00$ [m]			
f. Volumen de lecho de secado	$V_{LS} = 16,16$ [m ³]			(a x c x e)

3.1.5. RESUMEN.

3.1.5.A. DIMENSIONES SEDIMENTADOR PRINCIPAL.

a. Ancho efectivo de sedimentador:	$B_{\text{efectivo}} = 1,60$ [m]		
b. Longitud efectiva de sedimentador:	$L_{\text{efectivo}} = 4,00$ [m]		
d. Profundidad efectiva de sedimentador:	$H_{\text{efectivo}} = 0,90$ [m]		
c. Área efectiva de sedimentador:	$A_{\text{efectivo}} = 6,40$ [m ²]		
e. Volumen efectivo de sedimentador:	$V_{\text{efectivo}} = 5,76$ [m ³]		
f. Ancho total de reservorio:	$B_{\text{total}} = 4,00$ [m]		
g. Longitud de acceso adoptada:	$L_a = 6,40$ [m]		
h. Longitud total de reservorio:	$L_{\text{total}} = 8,00$ [m]		
i. Prof. máx. de reservorio c/coronamiento:	$H_{\text{máx}} = 1,40$ [m]	(coronamiento de 0,50 [m] por sobre nivel de terreno)	
j. Área total de reservorio:	$A_{\text{efectivo}} = 32,00$ [m ²]		
k. Volumen total de reservorio:	$V_{\text{efectivo}} = 17,27$ [m ³]	(se considera desnivel por pendiente de acceso)	

3.1.5.B. DIMENSIONES SEDIMENTADOR SECUNDARIO.

a. Ancho efectivo de sedimentador:	$B_{\text{efectivo}} = 1,20$ [m]		
b. Longitud efectiva de sedimentador:	$L_{\text{efectivo}} = 4,00$ [m]		
d. Profundidad efectiva de sedimentador:	$H_{\text{efectivo}} = 0,80$ [m]		
c. Área efectiva de sedimentador:	$A_{\text{efectivo}} = 4,80$ [m ²]		
e. Volumen efectivo de sedimentador:	$V_{\text{efectivo}} = 3,84$ [m ³]		
f. Ancho total de reservorio:	$B_{\text{total}} = 4,00$ [m]		
g. Longitud de acceso adoptada:	$L_a = 6,80$ [m]		
h. Longitud total de reservorio:	$L_{\text{total}} = 8,00$ [m]		
i. Prof. máx. de reservorio c/coronamiento:	$H_{\text{máx}} = 1,30$ [m]	(coronamiento de 0,50 [m] por sobre nivel de terreno)	
j. Área total de reservorio:	$A_{\text{efectivo}} = 32,00$ [m ²]		
k. Volumen total de reservorio:	$V_{\text{efectivo}} = 15,35$ [m ³]	(se considera desnivel por pendiente de acceso)	

3.1.5.C. DIMENSIONES TANQUE DE FILTRACIÓN.

a. Ancho efectivo de filtro:	$B_{\text{efectivo}} = 1,50$ [m]
b. Longitud efectiva de filtro:	$L_{\text{efectivo}} = 1,50$ [m]
d. Profundidad efectiva de filtro:	$H_{\text{efectivo}} = 2,00$ [m]
c. Área efectiva de filtro:	$A_{\text{efectivo}} = 2,25$ [m ²]
e. Volumen efectivo de filtro:	$V_{\text{efectivo}} = 4,50$ [m ³]

3.1.5.D. DIMENSIONES LECHO DE SECADO.

a. Ancho efectivo de lecho de secado:	$B_{\text{efectivo}} = 4,00$ [m]
b. Longitud efectiva de lecho de secado:	$L_{\text{efectivo}} = 12,00$ [m]
d. Profundidad efectiva de lecho de secado:	$H_{\text{efectivo}} = 0,16$ [m]
c. Área efectiva de lecho de secado:	$A_{\text{efectivo}} = 48,00$ [m ²]
e. Volumen efectivo de lecho de secado:	$V_{\text{efectivo}} = 7,68$ [m ³]

3.2. Diseño estructural.

Respondiendo al cálculo hidráulico y la funcionalidad de la estructura del sistema de tratamiento, como solución estructural se plantean reservorios de hormigón armado semienterrados. Como herramienta de cálculo y diseño estructural, se utiliza para el modelado software CYPECAD (Versión 2022; N° de licencia 120010; aplicación BIM para el diseño, cálculo y dimensionado de estructuras, ya sea para edificación y obra civil, sometidas a acciones horizontales, verticales), con soporte de AutoCad y Civil 3D (Versión 2020).

Siguiendo los lineamientos que conllevan los objetivos que persigue el presente trabajo final de carrera, se extiende el cálculo a una simplificación de toda la estructura, considerando a los fines prácticos como elemento estructural determinante, el tanque de sedimentación principal, al presentarse en él las condiciones más desfavorables, resultando extensivo para los demás elementos los resultados que arroje el cálculo del mismo.

Cabe destacar que el peso propio de toda la estructura de hormigón, lo calcula directamente el modelo matemático del programa, puesto que al ser un modelo tridimensional calcula el volumen de todos los elementos intervinientes, adoptando e introduciendo como dato el peso específico del hormigón según la clase a utilizar. Todas las reacciones de sobrecargas, cargas adicionales y empujes de suelo según la clase adoptada, son datos de entrada ingresados al sistema respectivamente, según sea el caso, como cargas lineales, repartidas, uniformes o puntuales, lo cual se detalla a continuación según la memoria de cálculo.

3.2.1. Normativa y Reglamentación consideradas.

3.2.1.1. Hormigón.

- a. Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón CIRSOC 201/2005²⁸.
- b. IRAM 1666:2020²⁷.

3.2.1.2. Aceros conformados.

- a. AISI S100-2007 (LRFD).
- b. IRAM IAS U 500-528.

3.2.2. Materiales de construcción.

3.2.2.1. Hormigón.

- a. Elementos: Todos los elementos estructurales.
- b. Clase de exposición: C.E. = Q1 "Ambiente de agresividad química moderada".
- c. Tipo de hormigón: T.H° = Hormigón armado.
- d. Clase de hormigón: C.H° = H30
- e. Resistencia especificada mínima: $f_{C_{min}} = 30,00$ [MPa]
- f. Módulo de elasticidad: $E_C = 25743$ [MPa] * ver CIRSOC 201/2005
- g. Relación A/C máxima: $A/C_{max} = 0,50$ [adimensional]
- h. Penetración de agua/succión capilar: Succ.Cap. = SI

- i. Tipo de cemento:
 - Requisito general: CAH "Cemento de alto horno".
 - Requisito especial: ARS "Cemento altamente resistente a los sulfatos".
- j. Categoría de cemento: Cat. Cto.= CP-40 ó CP-50

- k. Incorporación de aire intencional: SI Contenido de aire objetivo: 3 a 4 [%]

- l. Tamaño máximo de agregados: T.Máx.Ag. = 19,05 [mm] (con composición al menos de 2 Ag. Finos o 2 Ag. Gruesos)

- m. Consistencia de diseño: A = 16 [cm] $14 < A \leq 18$ [cm]

3.2.2.2. Acero.

- a. Elementos: Todos los elementos estructurales.
- b. Clase de acero: C.A° = ADN 420
- c. Tipo de acero: Aceros en barras nervuradas
- d. Tensión de fluencia especificada: $f_y = 420$ [MPa]

3.2.3. Acciones consideradas.

3.2.3.1. Gravitatorias.

a. Cargas permanentes:

b. Peso propio Estructura:	$P_p = 132.268,80$ [Kg]	$132,27$ [T]	$1297,56$ [KN]	(c x d)
c. Peso específico del hormigón:	$\gamma_{H^o} = 2400$ [Kg/m ³]	$23,54$ [KN/m ³]		(dato)
d. Volumen de estructura:	$V_{estr.} = 55,11$ [m ³]			(dato)

e. Sobrecargas de uso:

f. Carga de agua residual:	$E_{RW} = 990,00$ [Kg/m ²]	$0,99$ [T/m ²]	$13,33$ [KN/m ²]	(f + j)
g. Superficie fondo de losa:	$A_{LF} = 94,96$ [m ²]		$9,71$ [KN/m ²]	(h x i)/g
h. Peso específico del agua residual:	$\gamma_{AR} = 1100$ [Kg/m ³]	$10,79$ [KN/m ³]		(dato)
i. Volumen de agua residual:	$V_{AR} = 85,46$ [m ³]			(dato)
j. Máquina/Pala cargadora de limpieza:	$Q_{carg.} = 368,59$ [Kg/m ²]	$0,37$ [T/m ²]	$3,62$ [KN/m ²]	(dato)

3.2.3.2. Viento.

a. No se consideran acciones de viento.

3.2.3.3. Sismo.

a. No se consideran acciones sísmicas.

3.2.3.4. Hipótesis de carga.

a. Implícitas/Automáticas:

b. Peso propio	PP
c. Cargas permanentes	CM
d. Sobrecarga de uso	Qa

e. Adicionales:

f. Empuje del suelo:	Empuje lateral del suelo (condición de reservorio vacío).
g. Empuje de agua residual:	Empuje lateral de agua residual (reservorio en condición llena).

h. Combinaciones de carga:

i. Etapa de servicio:	1,4 D	
j. Etapa de uso:	1,2 D + 1,6 L	(Ver CIRSOC 201-2005 para otras combinaciones utilizadas)

3.2.3.5. Estados límite.

a. Estado Límite Último de Rotura del H°:	ELU-H°	Hormigón estructural	CIRSOC 201-2005
b. Estado Límite Último de Rotura del H°:	ELU-H°	Hormigón de cimentaciones	CIRSOC 201-2005
c. Tensiones sobre el terreno:	ES	Acciones características	
d. Desplazamientos:	ρ	Toda la estructura	

3.2.4. Leyes de presiones sobre tabiques de hormigón armado.

3.2.4.1. Empuje del suelo.

a. Elementos:	M1-M2-M3-M4	(dato)
b. Tipo de suelo:	SP-SM Arena pobremente graduada, limosa, levemente arcillosa, muy densa.	(dato)
c. Cota Nivel freático:	$h_{NF} = 0,00$ [m] (Terreno seco)	(adoptado)
d. Cota Relleno:	$h_{Suelo} = 0,00$ [m]	(dato)
e. Ángulo de talud:	$\phi = 0,00$ [Grados]	(dato)
f. Densidad aparente:	$\gamma_d = 2,00$ [T/m ³] 19,62 [KN/m ³]	(adoptado)
g. Densidad sumergida	$\gamma_{sat} = 1,20$ [T/m ³] 11,77 [KN/m ³]	(adoptado)
h. Ángulo de rozamiento interno:	$\phi = 30$ [Grados]	(adoptado)
i. Altura de muro interviniente:	$H_{SMáx} = 0,90$ [m]	(dato)
j. Evacuación por drenaje:	$\%_{Evacuación} = 100,00$ [%]	
k. Coeficiente de empuje activo:	$K_a = 0,33$ [adimensional]	*
l. Empuje lateral del suelo:	$P_a = 0,162$ [T/m ²] 1,59 [KN/m ²]	**

NOTAS:

* Ver teoría de Rankine para empuje de suelos sobre muros rígidos.

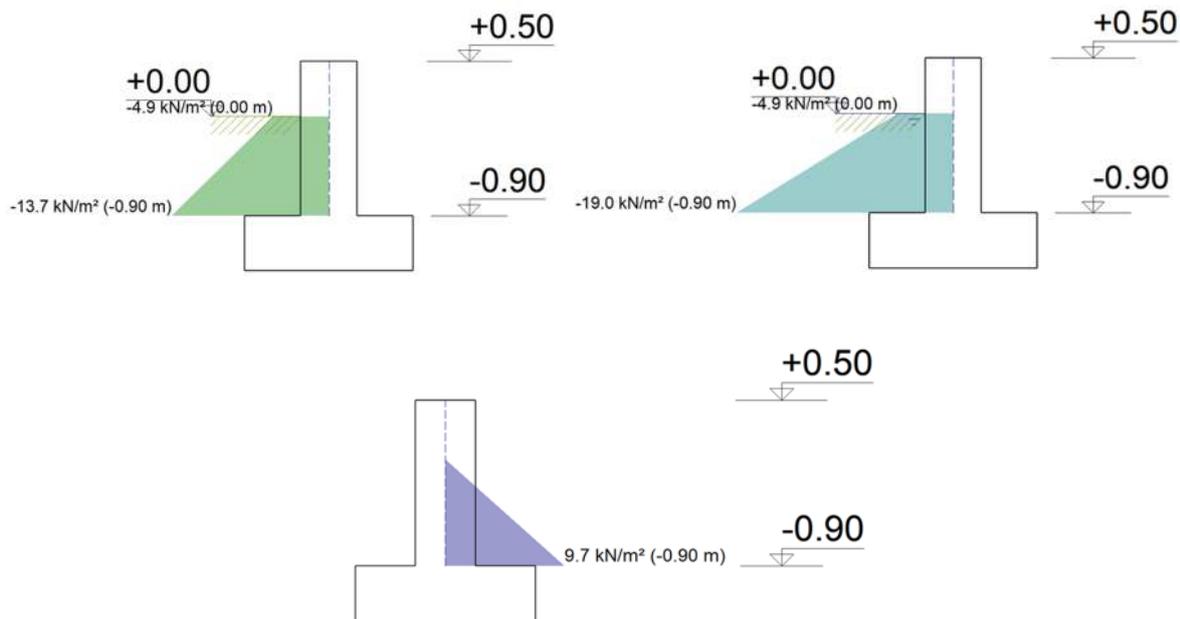
** Ver teoría de Rankine para empuje de suelos sobre muros rígidos. Resultante ubicada a una profundidad de $2/3 H$, desde el nivel de terreno.

3.2.4.2. Sobrecargas.

a. Elementos:	M1-M2-M3-M4	
b. Tipo de carga:	Uniforme	(dato)
c. Origen:	Paso de camiones, instalación de tanques de almacenamiento + compactación del suelo circundante	
d. Valor:	$P_{sc} = 1,00$ [T/m ²] 9,81 [KN/m ²]	(adoptado)

3.2.4.3. Empuje del agua.

a. Elementos:	M1-M2-M3-M4	
b. Cota Nivel freático:	$h_{NF} = 0,00$ [m]	(adoptado)
c. Altura de muro interviniente:	$H_{SMáx} = 0,90$ [m] (Terreno saturado)	(dato)
d. Peso específico del agua:	$\gamma_{H2O} = 1000$ [Kg/m ³] 9,81 [KN/m ³]	(dato)
e. Empuje lateral del agua:	$P_{H2O} = 0,90$ [T/m ²] 8,83 [KN/m ²]	(c x d)



3.2.5. Consideraciones sobre la fundación adoptada.

3.2.5.1. Losa de fundación.

a. Tipo de fundación:	Losa rectangular - platea de fundación			
b. Espesor de losa:	$e_{LF} =$	0,20	[m]	(dato)
c. Superficie losa de fundación:	$A_{LF} =$	94,96	[m ²]	(dato)
d. Cota de fundación:	$H_{SMáx} =$	-0,90	[m]	respecto al nivel de terreno natural (dato)
e. Tensión admisible:	$\sigma_{adm.} =$	1,20	[Kg/cm ²]	* 0,1177 [MPa] (adoptado)
f. Coeficiente de reacción vertical:	$K_{S1} =$	4,00	[Kg/cm ³]	** 39.240,00 [KN/m ³] (adoptado)

NOTAS:

Los datos adoptados surgen de la experiencia práctica de acuerdo a información obtenida de diferentes estudios de suelos realizados en la zona y alrededores, contrastados con datos de cátedra de Geotécnica y Cimentaciones, a los fines prácticos del presente trabajo.

* Capacidad de carga admisible, de acuerdo con las expresiones en base a la teoría de asentamientos para arenas, considerada variable según la profundidad de fundación.

** Coeficiente de reacción de la subrasante o coeficiente de balasto para ensayo de plato de carga cuadrado de 30,48 [cm] de lado.

3.2.5.2. Condición I.

Recinto vacío con nivel de agua freática coincidente con el nivel del terreno natural.

a. Empuje del agua o subpresión:

b. Peso específico del agua:	$\gamma_{H2O} =$	1000	[Kg/m ³]	1,00 [T/m ³]	9,81 [KN/m ³]	(dato)
c. Profundidad hasta fondo de losa:	$H_{SMáx} =$	-0,90	[m]			(dato)
d. Presión de agua:	$P_{H2O} =$	900,00	[Kg/m ²]	0,90 [T/m ²]	8,83 [KN/m ²]	(b x c)
e. Resultante de presiones:	$P_{H2O} =$	85.464,00	[Kg]	85,46 [T]	838,40 [KN]	(d x Sup.Losa)
f. Peso de toda la estructura:	$P_p =$	132.268,80	[Kg]	132,27 [T]	1297,56 [KN]	(dato)
g. Factor de seguridad:	$F.S. =$	1,55	[adimensional]	$\geq 1,8$	NO VERIFICA	(f / e)
AJUSTAR ESTRUCTURA						
h. Espesor de losa adicional:	$e_{Lad} =$	0,20	[m]			(adoptado)
i. Superficie de losa adicional:	$A_{LF} =$	94,96	[m ²]			(adoptado)
j. Volumen de losa adicional:	$V_{Lad} =$	19,42	[m ³]			(h x i)
k. Peso de estructura adicional:	$P_{pad} =$	46.606,37	[Kg]	46,61 [T]	457,21 [KN]	(j x k)
l. Peso total de la estructura modificado:	$P_{Pmod.} =$	178.875,17	[Kg]	178,88 [T]	1754,77 [KN]	(f + k)
m. Verificación Factor de Seguridad:	$F.S. =$	2,09	[adimensional]	≥ 2	VERIFICA	(l / e)

3.2.5.3. Condición II.

Recinto lleno, con nivel de agua freática coincidente con el nivel del terreno natural (ambos coincidentes).

a. Empuje del agua o subpresión:

b. Resultante de presiones:	$P_{H2O} =$	85.464,00	[Kg]	85,46 [T]	838,40 [KN]	(dato)
c. Peso total de la estructura modificado:	$P_{Pmod.} =$	178.875,17	[Kg]	178,88 [T]	1754,77 [KN]	(dato)
d. Peso del agua residual:	$P_{AR} =$	94.010,40	[Kg]	94,01 [T]	922,24 [KN]	(e x f)
e. Peso específico del agua residual:	$\gamma_{H2O} =$	1.100,00	[Kg/m ³]		10,79 [KN/m ³]	(dato)
f. Volumen de agua residual contenido:	$V_{AR} =$	85,46	[m ³]			(dato)
g. Peso Total de estructura:	$P_{PTotal} =$	272.885,57	[Kg]	272,89 [T]	2677,01 [KN]	(c + d)
h. Presión transmitida al terreno:	$P_T =$	2873,69	[Kg/m ²]	0,29 [Kg/cm ²]	28,19 [KN/m ²]	(g x Sup.Losa)
i. Verificación de capacidad de carga terreno:	$P_T =$	0,29	[Kg/cm ²]	\leq	1,20 [Kg/m ²]	* VERIFICA

NOTAS:

* $\sigma_{adm.}$ del suelo.

3.2.6. Situaciones de proyecto.

a. Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

$$\sum_{j=1}^n \gamma_{Qj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{k=1}^n \gamma_{Qk} Q_{kj}$$

Siendo:

G_k : Acción permanente.

P_k : Acción de pretensado.

Q_k : Acción variable.

γ_G : Coeficiente parcial de seguridad a las acciones permanentes.

γ_P : Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado.

$\gamma_{Q,1}$: Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal.

$\gamma_{Q,i}$: Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento.

3.2.6.1. Coeficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de combinación (Ψ).

a. Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

(9-1)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.400	1.400
Sobrecarga (Q)		
Empujes del terreno (H)		

(9-2)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Empujes del terreno (H)	0.000	1.600

(9-3a)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Empujes del terreno (H)		

(9-3b)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Empujes del terreno (H)		

(9-4)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Empujes del terreno (H)		

(9-6)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	0.900
Sobrecarga (Q)		
Empujes del terreno (H)	0.000	1.600

b. Tensiones sobre el terreno:

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Empujes del terreno (H)	1.000	1.000

Desplazamientos:

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Empujes del terreno (H)	1.000	1.000

3.2.6.2. Combinaciones.

a. E.L.U. de Rotura, Hormigón.

b. E.L.U. de Rotura, Hormigón en cimentaciones.

Comb.	PP	CM	Empuje del Suelo	Empuje de agua reservorio lleno	Qa
1	1.400	1.400			
2	1.200	1.200			
3	1.200	1.200			1.600
4	1.200	1.200	1.600		
5	1.200	1.200	1.600		1.600
6	1.200	1.200		1.600	
7	1.200	1.200		1.600	1.600
8	1.200	1.200	1.600	1.600	
9	1.200	1.200	1.600	1.600	1.600
10	0.900	0.900			
11	0.900	0.900	1.600		
12	0.900	0.900		1.600	
13	0.900	0.900	1.600	1.600	

c. Situaciones persistentes o transitorias.

Comb.	PP	CM	Empuje del Suelo	Empuje de agua reservorio lleno	Qa
1	1.000	1.000	1.000	1.000	
2	1.350	1.350	1.000	1.000	
3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500
4	1.350	1.350	1.000	1.000	1.500
5	1.000	1.000	1.350	1.000	
6	1.350	1.350	1.350	1.000	
7	1.000	1.000	1.350	1.000	1.500
8	1.350	1.350	1.350	1.000	1.500
9	1.000	1.000	1.000	1.350	
10	1.350	1.350	1.000	1.350	
11	1.000	1.000	1.000	1.350	1.500
12	1.350	1.350	1.000	1.350	1.500
13	1.000	1.000	1.350	1.350	
14	1.350	1.350	1.350	1.350	
15	1.000	1.000	1.350	1.350	1.500
16	1.350	1.350	1.350	1.350	1.500

c. Tensiones sobre el terreno.

No aplica

d. Desplazamientos.

Comb.	PP	CM	Empuje del Suelo	Empuje de agua reservorio lleno	Qa
1	1.000	1.000	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

3.2.7. Datos geométricos de grupos y plantas.

3.2.7.1. Losa de fundación.

Grupo	Nombre del grupo	Planta	Nombre planta	Altura	Cota
1	Superficie		Superficie	1.40	0.50
0	Fundación				-0.90

3.2.7.2. Datos geométricos de columnas, tabiques y muros.

a. Muros:

Las coordenadas de los vértices inicial y final son absolutas.

Las dimensiones están expresadas en metros.

Datos geométricos del muro

Referencia	Tipo muro	GI- GF	Vértices		Planta	Dimensiones Izquierda + Derecha=Total
			Inicial	Final		
M11	Muro de hormigón armado	0-1	(0.07, 0.07)	(10.03, 0.07)	1	0.075+0.075=0.15
M2	Muro de hormigón armado	0-1	(0.07, 0.07)	(0.07, 12.37)	1	0.075+0.075=0.15
M1	Muro de hormigón armado	0-1	(0.07, 12.37)	(14.18, 12.37)	1	0.075+0.075=0.15
M6	Muro de hormigón armado	0-1	(14.18, 8.07)	(14.18, 12.37)	1	0.075+0.075=0.15
M5	Muro de hormigón armado	0-1	(1.73, 8.07)	(10.03, 8.07)	1	0.075+0.075=0.15
M12	Muro de hormigón armado	0-1	(10.03, 0.07)	(10.03, 8.07)	1	0.075+0.075=0.15
M10	Muro de hormigón armado	0-1	(5.88, 0.07)	(5.88, 8.07)	1	0.075+0.075=0.15
M8	Muro de hormigón armado	0-1	(1.73, 0.07)	(1.73, 8.07)	1	0.075+0.075=0.15
M7	Muro de hormigón armado	0-1	(10.03, 8.07)	(14.18, 8.07)	1	0.075+0.075=0.15
M4	Muro de hormigón armado	0-1	(1.73, 8.07)	(1.73, 12.37)	1	0.075+0.075=0.15
M3	Muro de hormigón armado	0-1	(0.07, 9.05)	(1.73, 9.05)	1	0.075+0.075=0.15
M9	Muro de hormigón armado	0-1	(0.07, 5.45)	(1.73, 5.45)	1	0.075+0.075=0.15

Zapata del muro

Referencia	Zapata del muro	Tensiones admisibles
M11	Viga de fundación: 0.850 x 0.250 Vuelos: izq.:0.35 der.:0.35 altura:0.25 Módulo de balasto: 39240.00 kN/m ³	-Situaciones persistentes: 0.118 MPa -Situaciones accidentales: 0.177 MPa
M2	Viga de fundación: 0.850 x 0.250 Vuelos: izq.:0.35 der.:0.35 altura:0.25 Módulo de balasto: 39240.00 kN/m ³	-Situaciones persistentes: 0.118 MPa -Situaciones accidentales: 0.177 MPa
M1	Viga de fundación: 0.850 x 0.250 Vuelos: izq.:0.35 der.:0.35 altura:0.25 Módulo de balasto: 39240.00 kN/m ³	-Situaciones persistentes: 0.118 MPa -Situaciones accidentales: 0.177 MPa
M6	Viga de fundación: 0.850 x 0.250 Vuelos: izq.:0.35 der.:0.35 altura:0.25 Módulo de balasto: 39240.00 kN/m ³	-Situaciones persistentes: 0.118 MPa -Situaciones accidentales: 0.177 MPa
M5	Viga de fundación: 0.850 x 0.250 Vuelos: izq.:0.35 der.:0.35 altura:0.25 Módulo de balasto: 39240.00 kN/m ³	-Situaciones persistentes: 0.118 MPa -Situaciones accidentales: 0.177 MPa
M12	Viga de fundación: 0.850 x 0.250 Vuelos: izq.:0.35 der.:0.35 altura:0.25 Módulo de balasto: 39240.00 kN/m ³	-Situaciones persistentes: 0.118 MPa -Situaciones accidentales: 0.177 MPa
M10	Viga de fundación: 0.850 x 0.250 Vuelos: izq.:0.35 der.:0.35 altura:0.25 Módulo de balasto: 39240.00 kN/m ³	-Situaciones persistentes: 0.118 MPa -Situaciones accidentales: 0.177 MPa
M8	Viga de fundación: 0.850 x 0.250 Vuelos: izq.:0.35 der.:0.35 altura:0.25 Módulo de balasto: 39240.00 kN/m ³	-Situaciones persistentes: 0.118 MPa -Situaciones accidentales: 0.177 MPa
M7	Viga de fundación: 0.850 x 0.250 Vuelos: izq.:0.35 der.:0.35 altura:0.25 Módulo de balasto: 39240.00 kN/m ³	-Situaciones persistentes: 0.118 MPa -Situaciones accidentales: 0.177 MPa
M4	Viga de fundación: 0.850 x 0.250 Vuelos: izq.:0.35 der.:0.35 altura:0.25 Módulo de balasto: 39240.00 kN/m ³	-Situaciones persistentes: 0.118 MPa -Situaciones accidentales: 0.177 MPa
M3	Viga de fundación: 0.850 x 0.250 Vuelos: izq.:0.35 der.:0.35 altura:0.25 Módulo de balasto: 39240.00 kN/m ³	-Situaciones persistentes: 0.118 MPa -Situaciones accidentales: 0.177 MPa
M9	Viga de fundación: 0.850 x 0.250 Vuelos: izq.:0.35 der.:0.35 altura:0.25 Módulo de balasto: 39240.00 kN/m ³	-Situaciones persistentes: 0.118 MPa -Situaciones accidentales: 0.177 MPa

b. Losas y elementos de fundación.

Plataea fundación	Altura (cm)	Módulo balasto (kN/m ³)	Tensión admisible en situaciones persistentes (MPa)	Tensión admisible en situaciones accidentales (MPa)
Todas	20	39240.00	0.118	0.177

3.2.8. Comprobaciones E.L.U.

3.2.8.1. Vigas de fundación.

Resumen de comprobaciones.

NOTA: El detalle de cada viga, se incluyen en Anexo I - Detalle de cálculo.

Vigas	COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (CIRSOC 201-2005)														Estado				
	Disp.	Arm.	Q	N,M	T _c	T _{st}	T _{st}	T _{st}	T _{st}	TV _x	TV _y	TV _{st}	TV _{st}	T,Disp. _{st}		T,Disp. _{st}	T,Geom. _{st}	T,Arm. _{st}	
V-001: A48 - A49	Cumple	N.P. ⁽¹⁾	Error ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE η = 1.6									
V-003: A57 - A52	Cumple	N.P. ⁽⁴⁾	Error ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE η = 0.4									
V-004: A52 - A58	Cumple	N.P. ⁽¹⁾	Error ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE η = 0.8									
V-006: A47 - A51	Cumple	N.P. ⁽¹⁾	Error ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE η = 1.0									
V-009: A57 - A59	Cumple	N.P. ⁽¹⁾	Error ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE η = 13.1									
V-011: A51 - A52	Cumple	7.150 m Cumple	0.000 m Error ⁽³⁾	6.952 m η = 2.7	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE η = 2.7									
V-012: A58 - A49	Cumple	N.P. ⁽¹⁾	Error ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE η = 1.0									

Vigas	COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (CIRSOC 201-2005)	Estado
V-002: A60 - A61	-	NO PROCEDE
V-005: A62 - A63	-	NO PROCEDE
V-007: A47 - A48	-	NO PROCEDE
V-008: A55 - A57	-	NO PROCEDE
V-010: A53 - A54	-	NO PROCEDE

Notación:
 Disp.: Disposiciones relativas a las armaduras
 Arm.: Armadura mínima y máxima
 Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)
 N,M: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)
 T_c: Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua.
 T_{st}: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma.
 T_{st}: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales.
 TNM_x: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje X.
 TV_x: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje X. Compresión oblicua
 TV_y: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Compresión oblicua
 TV_{st}: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Tracción en el alma.
 T,Disp._{st}: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal.
 T,Geom._{st}: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal.
 T,Arm._{st}: Estado límite de agotamiento por torsión. Diámetro mínimo de la armadura longitudinal.
 -: Estado límite de agotamiento por torsión. Cuantía mínima de estribos cerrados.
 -:
 x: Distancia al origen de la barra
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
 N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
 (1) No hay interacción entre axil y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
 (2) La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.
 (3) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre torsión y esfuerzos normales.
 (4) No hay esfuerzos que produzcan tensiones normales para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Errores:
 (1) La separación longitudinal entre armaduras transversales es superior a la necesaria para asegurar un adecuado confinamiento del hormigón sometido a compresión oblicua. La cuantía mecánica de la armadura transversal es inferior a la exigida por la norma.

NOTA: Proceder reduciendo separación longitudinal de armaduras transversales.

Vigas	COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (CIRSOC 201-2005)					Estado
	S _{c, sup.}	S _{c, lat. Der.}	S _{c, inf.}	S _{c, lat. Izq.}	-	
V-001: A48 - A49	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	NO PROCEDE
V-003: A57 - A52	x: 7.225 m Cumple	N.P. ⁽²⁾	x: 7.45 m Cumple	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE
V-004: A52 - A58	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	NO PROCEDE
V-006: A47 - A51	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	x: 8.875 m Cumple	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE
V-009: A57 - A59	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	x: 0.55 m Cumple	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE
V-011: A51 - A52	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	x: 7.15 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE
V-012: A58 - A49	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	x: 3.223 m Cumple	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE

Vigas	COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (CIRSOC 201-2005)	Estado
V-002: A60 - A61	-	NO PROCEDE
V-005: A62 - A63	-	NO PROCEDE
V-007: A47 - A48	-	NO PROCEDE
V-008: A55 - A57	-	NO PROCEDE
V-010: A53 - A54	-	NO PROCEDE

Notación:
 S_{c, sup.}: Comprobación de la separación máxima entre armaduras: Cara superior
 S_{c, lat. Der.}: Comprobación de la separación máxima entre armaduras: Cara lateral derecha
 S_{c, inf.}: Comprobación de la separación máxima entre armaduras: Cara inferior
 S_{c, lat. Izq.}: Comprobación de la separación máxima entre armaduras: Cara lateral izquierda
 -:
 x: Distancia al origen de la barra
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
 N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
 (1) No hay esfuerzos que produzcan tensiones normales para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
 (2) La comprobación no procede, ya que no hay ninguna armadura traccionada.

3.2.9. Esfuerzos en muros por hipótesis y por planta.

3.2.9.1. Resumen.

- Sólo se tienen en cuenta los esfuerzos de pilares, muros y pantallas, por lo que si la obra tiene vigas con vinculación exterior, vigas inclinadas, diagonales o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.
- Este listado es de utilidad para conocer las cargas actuantes por encima de la cota de la base de los soportes sobre una planta, por lo que para casos tales como pilares apeados traccionados, los esfuerzos de dichos pilares tendrán la influencia no sólo de las cargas por encima sino también la de las cargas que recibe de plantas inferiores

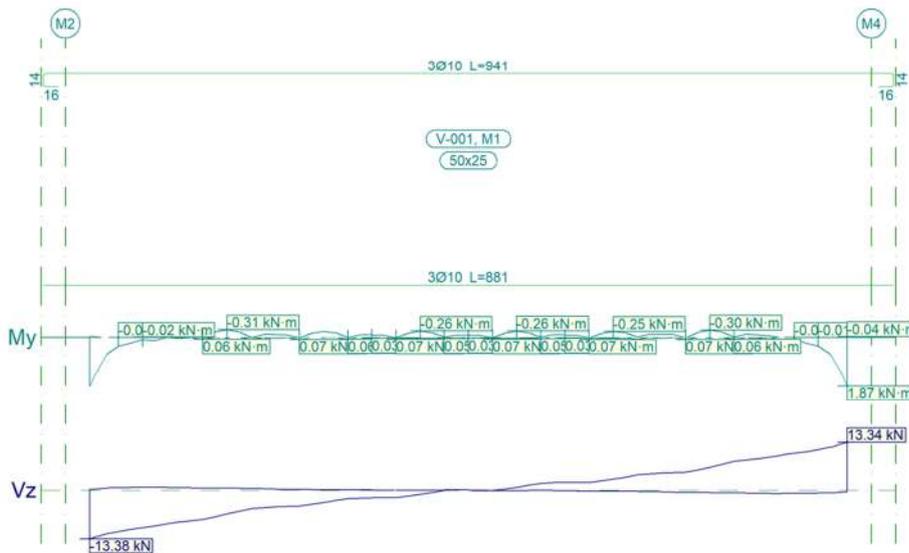
Valores referidos al origen (X=0.00, Y=0.00)						
Planta	Cota (m)	Hipótesis	N (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)	T (kN-m)
Fundación	-0.90	Peso propio	426.8	2332.9	2831.4	0.0
		Cargas permanentes	0.0	-0.2	-0.6	0.0
		Empuje del Suelo	0.0	-0.2	-0.6	0.0
		Empuje de agua reservorio lleno	0.0	0.1	0.1	0.0
		Sobrecarga de uso	0.0	0.0	0.0	0.0

3.2.10. Listado de esfuerzos y armado de vigas.

A modo simplificado y de verificación se presenta el análisis por reservorio de los esfuerzos intervinientes. El detalle se adjunta en Anexo I - Detalle de cálculo

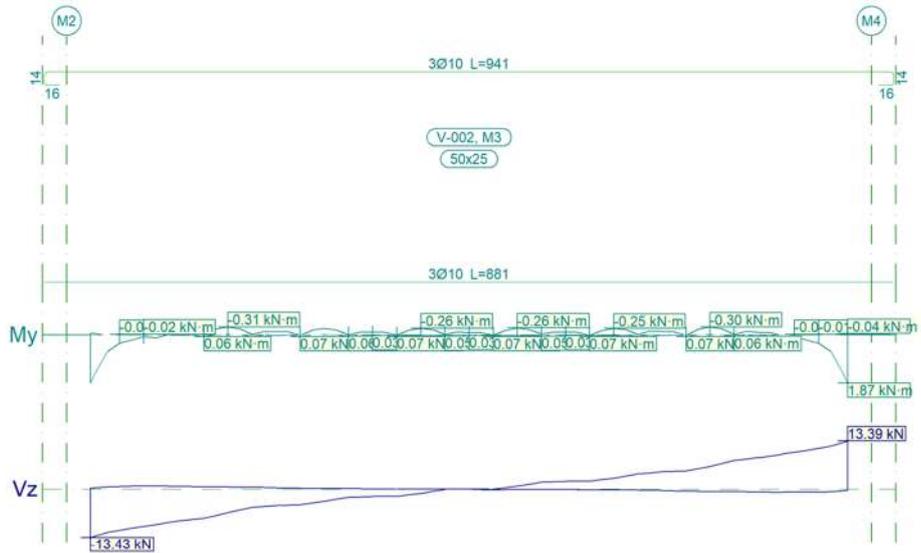
3.2.10.1. Vigas de fundación.

a. Pórtico I.



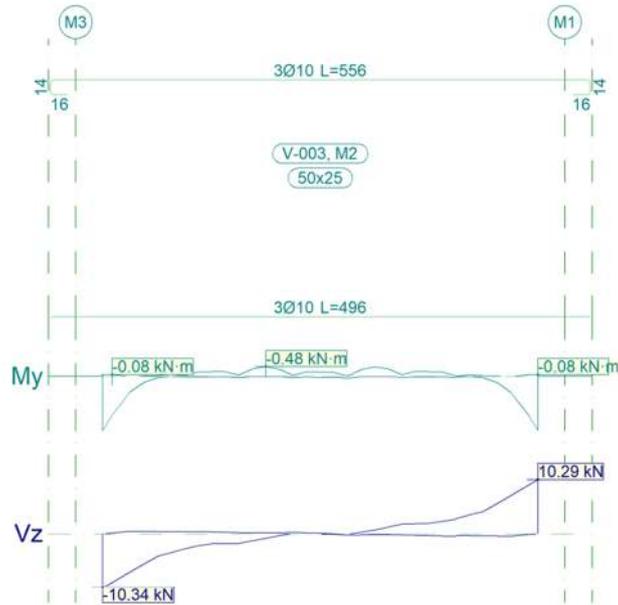
Pórtico 1		Tramo: V-001		
Sección		50x25		
Zona		1/3L	2/3L	3/3L
Momento mín.	[kN-m]	--	--	--
	x [m]	--	--	--
Momento máx.	[kN-m]	1.87	--	1.87
	x [m]	0.00	--	7.85
Cortante mín.	[kN]	-13.38	-2.22	-0.90
	x [m]	0.00	2.68	7.18
Cortante máx.	[kN]	0.86	2.27	13.34
	x [m]	0.80	4.93	7.85
Torsor mín.	[kN]	--	--	--
	x [m]	--	--	--
Torsor máx.	[kN]	--	--	--
	x [m]	--	--	--
Área Sup.	[cm²]	Real: 2.36	2.36	2.36
		Nec.: 0.00	0.00	0.00
Área Inf.	[cm²]	Real: 2.36	2.36	2.36
		Nec.: 0.33	0.00	0.33
Área Transv.	[cm²/m]	Real: 5.66	1.89	5.66
		Nec.: 4.08	0.00	4.08

b. Pórtico 2.



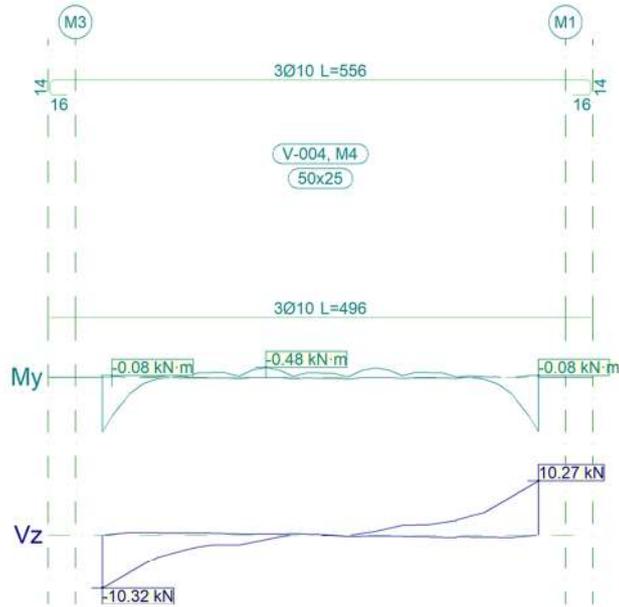
Pórtico 2		Tramo: V-002		
Sección		50x25		
Zona		1/3L	2/3L	3/3L
Momento mín.	[kN-m]	--	--	--
	x [m]	--	--	--
Momento máx.	[kN-m]	1.88	--	1.87
	x [m]	0.00	--	7.85
Cortante mín.	[kN]	-13.43	-2.22	-0.90
	x [m]	0.00	2.68	7.18
Cortante máx.	[kN]	0.86	2.27	13.39
	x [m]	0.80	4.93	7.85
Torsor mín.	[kN]	--	--	--
	x [m]	--	--	--
Torsor máx.	[kN]	--	--	--
	x [m]	--	--	--
Área Sup.	[cm²]	Real: 2.36	2.36	2.36
		Nec.: 0.00	0.00	0.00
Área Inf.	[cm²]	Real: 2.36	2.36	2.36
		Nec.: 0.34	0.00	0.33
Área Transv.	[cm²/m]	Real: 5.66	1.89	5.66
		Nec.: 4.08	0.00	4.08

c. Pórtico 3.



Pórtico 3		Tramo: V-003			
Sección		50x25			
Zona		1/3L	2/3L	3/3L	
Momento mín.	[kN·m]	--	--	--	
	x [m]	--	--	--	
Momento máx.	[kN·m]	2.73	--	2.72	
	x [m]	0.00	--	4.00	
Cortante mín.	[kN]	-10.34	-1.35	-0.48	
	x [m]	0.00	1.38	3.75	
Cortante máx.	[kN]	0.47	1.26	10.29	
	x [m]	0.25	2.63	4.00	
Torsor mín.	[kN]	--	--	--	
	x [m]	--	--	--	
Torsor máx.	[kN]	--	--	--	
	x [m]	--	--	--	
Área Sup.	[cm ²]	Real	2.36	2.36	2.36
		Nec.	0.00	0.00	0.00
Área Inf.	[cm ²]	Real	2.36	2.36	2.36
		Nec.	0.49	0.00	0.49
Área Transv.	[cm ² /m]	Real	5.66	1.89	5.66
		Nec.	4.08	0.00	4.08

d. Pórtico 4.



Pórtico 4		Tramo: V-004		
Sección		50x25		
Zona		1/3L	2/3L	3/3L
Momento mín.	[kN·m]	--	--	--
	x [m]	--	--	--
Momento máx.	[kN·m]	2.72	--	2.71
	x [m]	0.00	--	4.00
Cortante mín.	[kN]	-10.32	-1.35	-0.48
	x [m]	0.00	1.38	3.75
Cortante máx.	[kN]	0.47	1.27	10.27
	x [m]	0.25	2.63	4.00
Torsor mín.	[kN]	--	--	--
	x [m]	--	--	--
Torsor máx.	[kN]	--	--	--
	x [m]	--	--	--
Área Sup.	[cm²]	Real 2.36	Real 2.36	Real 2.36
		Nec. 0.00	0.00	0.00
Área Inf.	[cm²]	Real 2.36	Real 2.36	Real 2.36
		Nec. 0.49	0.00	0.48
Área Transv.	[cm²/m]	Real 5.66	Real 1.89	Real 5.66
		Nec. 4.08	0.00	4.08

3.2.11. Tensiones del terreno bajo vigas de cimentación.

3.2.11.1. Vigas de fundación.

- a. Tensión admisible en situaciones persistentes: 0.118 [MPa]
- b. Tensión admisible en situaciones accidentales: 0.177 [MPa]

Situaciones persistentes o transitorias					
Pórtico	Viga		Tensión media (MPa)	Tensión en bordes (MPa)	Estado
	Tramo	Dimensión			
1	V-001: A48-A49	M1: 85x25	0.015	0.015	Cumple
2	V-002: A60-A61	M3: 85x25	0.015	0.015	Cumple
3	V-003: A57-A52	M5: 85x25	0.012	0.012	Cumple
4	V-004: A52-A58	M7: 85x25	0.014	0.014	Cumple
5	V-005: A62-A63	M9: 85x25	0.014	0.014	Cumple
6	V-006: A47-A51	M11: 85x25	0.014	0.014	Cumple
7	V-007: A47-A48	M2: 85x25	0.015	0.015	Cumple
8	V-008: A55-A57	M8: 85x25	0.013	0.014	Cumple
9	V-009: A57-A59	M4: 85x25	0.014	0.014	Cumple
10	V-010: A53-A54	M10: 85x25	0.013	0.013	Cumple
11	V-011: A51-A52	M12: 85x25	0.014	0.014	Cumple
12	V-012: A58-A49	M6: 85x25	0.014	0.015	Cumple

3.2.13. Cómputo de superficies y volúmenes.

3.2.13.1. Fundación.

- a. Superficie total: 158,29 [m²]
- b. Superficie total losas: 94,96 [m²]
- c. Superficie zapatas corridas: 68,37 [m²]
- d. Hormigón total en vigas de fundación: 17,98 [m³]
- e. Volumen total losas: 18,99 [m³]

3.2.13.2. Superficie.

- a. Superficie total: 12,59 [m²]
- b. Superficie total losas: 0,00 [m²]
- c. Superficie en planta de vigas, zunchos y muro: 12,59 [m²]
- d. Hormigón total en muros: 18,14 [m³]

3.2.14. Armado de losas.

3.2.14.1. Fundación.

Se adjuntan en Anexos Cómputo.

- a. Número de plantas iguales: 1,00 [Un]
- b. Malla 1: Losa maciza

c. Alineaciones longitudinales

- d. Armadura Base Inferior: No se dispone
- e. Armadura Base Superior: No se dispone
- f. Altura: 20 [cm]

3.2.15. Listado cómputo de vigas.

	Tipo	A.neg. (kg)	A.pos. (kg)	A.est. (kg)	Total (kg)	Ø6 (kg)	Ø10 (kg)	V.horm. (m³)
Fundación								
*Pórtico 1								
V-001(A48-A49)	Cim.	39.3	39.8	32.7	111.8	32.7	79.1	2.996
*Pórtico 2								
V-002(A60-A61)	Cim.	6.1	7.5	5.9	19.5	5.9	13.6	0.351
*Pórtico 3								
V-003(A57-A52)	Cim.	22.5	23.9	20.2	66.6	20.2	46.4	1.764
*Pórtico 4								
V-004(A52-A58)	Cim.	12.2	13.7	11.1	37.0	11.1	25.9	0.882
*Pórtico 5								
V-005(A62-A63)	Cim.	6.1	7.5	5.9	19.5	5.9	13.6	0.351
*Pórtico 6								
V-006(A47-A51)	Cim.	26.5	28.0	23.5	78.0	23.5	54.5	2.114
*Pórtico 7								
V-007(A47-A48)	Cim.	34.8	35.4	28.7	98.9	28.7	70.2	2.613
*Pórtico 8								
V-008(A55-A57)	Cim.	21.7	23.2	19.6	64.5	19.6	44.9	1.700
*Pórtico 9								
V-009(A57-A59)	Cim.	12.6	14.1	11.8	38.5	11.8	26.7	0.913
*Pórtico 10								
V-010(A53-A54)	Cim.	21.7	23.2	19.6	64.5	19.6	44.9	1.700
*Pórtico 11								
V-011(A51-A52)	Cim.	21.7	23.2	27.4	72.3	27.4	44.9	1.700
*Pórtico 12								
V-012(A58-A49)	Cim.	12.6	14.1	11.8	38.5	11.8	26.7	0.913
Total Fundación		237.8	253.6	218.2	709.6	218.2	491.4	17.997
Total Obra		237.8	253.6	218.2	709.6	218.2	491.4	17.997

- A.neg.: Armado de negativos
 - A.pos.: Armado de positivos
 - A.est.: Armado estribos

Resumen de cómputo (+10%)				
	Tipo Acero	Ø6 (kg)	Ø10 (kg)	Total (kg)
Fundación	ADN 420	240.0	540.5	780.5
Total Obra		240.0	540.5	780.5

3.2.16. Cuntías de armadura por diámetro.

3.2.16.1. Fundación.

	Referencia	Longitud (m)	Peso (kg)
Plateas de fundación	Ø10	1674.60	1135
	Total + 10%		1135
Vigas de hormigón	Ø6	981.96	240
	Ø10	797.18	540
	Total + 10%		780

	Referencia	Longitud (m)	Peso (kg)
Resumen	Ø6	981.96	240
	Ø10	2471.78	1675
	Total + 10%		1915

3.2.16.2. Superficie.

	Referencia	Longitud (m)	Peso (kg)
Muros de hormigón armado	Ø8	853.00	370
	Ø10	1744.84	1183
	Ø16	341.20	592
	Total + 10%		2145

	Referencia	Longitud (m)	Peso (kg)
Resumen	Ø8	853.00	370
	Ø10	1744.84	1183
	Ø16	341.20	592
	Total + 10%		2145

3.2.16.3. Total de obra.

	Referencia	Longitud (m)	Peso (kg)
Plateas de fundación	Ø10	1674.60	1135
	Total + 10%		1135
Vigas de hormigón	Ø6	981.96	240
	Ø10	797.18	540
	Total + 10%		780
Muros de hormigón armado	Ø8	853.00	370
	Ø10	1744.84	1183
	Ø16	341.20	592
	Total + 10%		2145

	Referencia	Longitud (m)	Peso (kg)
Resumen	Ø6	981.96	240
	Ø8	853.00	370
	Ø10	4216.62	2858
	Ø16	341.20	592
	Total + 10%		4060

3.2.17. Cuantías de obra.

3.2.17.1. Fundación.

Elemento	Encofrado (m ²)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Plateas de fundación	-	94.96	18.990	1135
Vigas	18.86	68.37	18.000	780
Total	-	163.33	36.990	1915
Índices (por m²)	-	-	0.226	11.72
Superficie total: 163.33 m²				

3.2.17.2. Superficie.

Elemento	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Vigas	12.59	-	-
Muros de hormigón armado	242.17	18.163	2168
Columnas	-	-	-
Total	254.76	18.163	2168
Índices (por m²)	-	1.443	172.20
Superficie total: 12.59 m²			

3.2.17.3. Total de obra.

Elemento	Encofrado (m ²)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Plateas de fundación	-	94.96	18.990	1135
Vigas	18.86	80.96	18.000	780
Muros de hormigón armado	-	242.17	18.160	2168
Columnas	0.00	-	-	-
Total	-	418.09	55.150	4083
Índices (por m²)	-	-	0.313	23.21
Superficie total: 175.92 m²				

Capítulo IV

Cómputo y presupuesto

4.1. Cómputo métrico.

4.1.1. Trabajos preliminares.

Para los trabajos previos a la ejecución de la obra en sí misma, se deben considerar todas las operaciones y tareas pertinentes al saneamiento del sitio seleccionado para la materialización de la misma. Comprende las tareas agrupadas en el subitem 1.1. “limpieza, desmalezado y desbroce zona de obra”, cuyas cantidades se las considera como partidas “globales”, puesto que dependen pura y exclusivamente de cada sitio en particular en donde se instalará la obra, en consecuencia, también sus unidades de medición. Se debe tener especial consideración a que no se consideran ítems tales como instalación de obrador, traslado de maquinaria, cartelería de obra, entre otras, puesto que se da por sentado que la instalación del sistema de tratamiento se concretará en las instalaciones existentes de la empresa hormigonera.

1. Trabajos preliminares	Gl.	1,00
1.1. Limpieza, desmalezado y desbroce zona de obra	Gl.	1,00

4.1.2. Movimiento de suelos.

Se establece como norma general que el movimiento de suelos será medido según el volumen de obra ejecutada, es decir en unidades de metros cúbicos excavados [m³]. Comprende los siguientes subítems:

4.1.2.1. Excavación y retiro de suelo natural.

Luego de la limpieza y desmalezado del sitio de emplazamiento, se procederá con las tareas de excavación de suelo natural correspondiente a la sección de reservorios proyectados a una profundidad media de 1,30 [m] (profundidad de reservorio + espesores de losa), con las precauciones respecto a los taludes así formados y las pendientes necesarias de proyecto, puesto que se considera la excavación de la superficie total. A partir de la cota de terreno natural se prevé el saneamiento del fondo mediante hormigón de limpieza, cota a partir de la cual se materializarán los diferentes reservorios de hormigón, tabiques y veredas perimetrales.

2. Movimiento de suelos		m3	126,82
2.1 Excavación y retiro de suelo natural		Volumen total (S)	m3 126,82
<i>Excavación de suelo natural zona de obra</i>		<i>Volumen total en banco (N)</i>	<i>m3 92,23</i>
<i>Sedimentador principal</i>		<i>Volumen en banco (N)</i>	<i>19,63</i>
	<i>Sección transversal (S/planos CAD)</i>	<i>m2</i>	<i>4,73</i>
	<i>Ancho</i>	<i>m</i>	<i>4,15</i>
<i>Sedimentador secundario</i>		<i>Volumen en banco (N)</i>	<i>15,93</i>
	<i>Sección transversal (S/planos CAD)</i>	<i>m2</i>	<i>3,84</i>
	<i>Ancho</i>	<i>m</i>	<i>4,15</i>
<i>Sedimentador secundario</i>		<i>Volumen en banco (N)</i>	<i>17,59</i>
	<i>Sección transversal (S/planos CAD)</i>	<i>m2</i>	<i>4,24</i>
	<i>Ancho</i>	<i>m</i>	<i>4,15</i>
<i>Filtro lento de arena + reservorio</i>		<i>Volumen en banco (N)</i>	<i>39,08</i>
	<i>Sección transversal (S/planos CAD)</i>	<i>m2</i>	<i>22,59</i>
	<i>Ancho</i>	<i>m</i>	<i>1,73</i>
<i>Retiro de suelo natural</i>		<i>Volumen retiro suelo suelto (S)</i>	<i>m3 126,82</i>
		<i>Volumen de suelo en banco (N)</i>	<i>m3 92,23</i>
		<i>Coefficiente de esponjamiento</i>	<i>1,38</i>

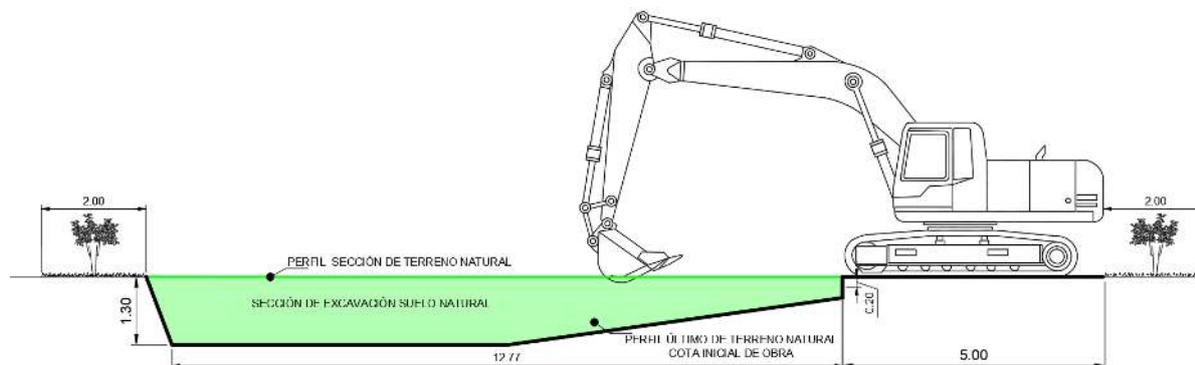


Imagen 21. Sección de excavación suelo natural.

4.1.3. Hormigón armado.

Se consideran todas las tareas pertinentes a la construcción y/u hormigonado de los elementos de reservorios, con hormigón tipo H30 con cemento de alto horno (CAH), tamaño máximo de agregado 19 [mm], incluyendo las tareas de saneamiento del terreno natural con hormigón tipo H15 tamaño máximo de agregado 19,00 [mm]. En lo que respecta a la construcción de todo el sistema de tratamiento, se computan los materiales de estructura de acero, colocación de armaduras, como así también la colocación de la correspondiente barrera hidráulica de PVC.

Comprende los siguientes subitems:

4.1.3.1. Hormigón de limpieza, tipo H15.

Para todos los casos, se prevé el saneamiento de la superficie del terreno excavada, con el fin de constituir una superficie adecuada para el apoyo de la estructura de fundación, además de conformar una losa de aproximación adicional a los fines estructurales de verificación de la subpresión (según sea el caso, véase **3.2. Diseño estructural.**). Contempla una capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de fundación, de 0,20 [m] de espesor, de hormigón H-15, clase de exposición ambiental A1, tamaño máximo del agregado 19 [mm], consistencia plástica, elaborado y colado desde camión, en el fondo de la excavación previamente realizada.

3.1. Hormigón de limpieza, tipo H15	Volúmen Total	m3	31,66
Volumen de hormigón de limpieza		m3	31,66
Superficie en planta total		m2	158,29
Espesor de aplicación		m2	0,20

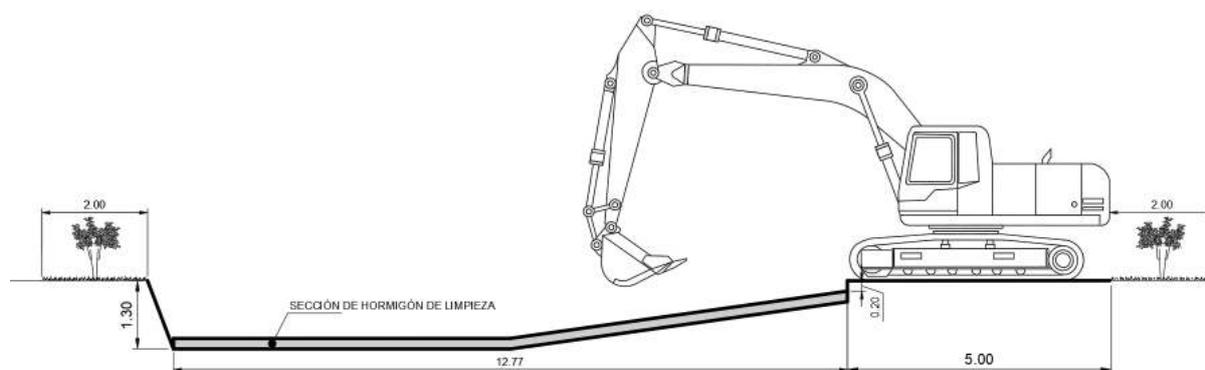


Imagen 22. Sección hormigón de limpieza tipo H15.

4.1.3.2. Hormigón vigas de fundación, tipo H30 con CAH.

Luego de realizado la colocación del hormigón de limpieza, se procederá a colocar y armar la estructura de acero materializada con hierro aleteado conformado tipo ADN 420. Una vez colocada la armadura se procederá a encofrar la losa de fondo en conjunto con las vigas de fundación o zapatas corridas, conformando una única estructura hormigonada de forma monolítica. Se prevé el montaje del sistema de encofrado recuperable de madera, para zapata corrida de fundación de sección en "T" invertida, formado por tablonces de madera, amortizables en 4 usos y posterior desmontaje del sistema de encofrado. Incluso elementos de sustentación, fijación y acodalamientos necesarios para su estabilidad y líquido desencofrante, para evitar la adherencia del hormigón al encofrado. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo. Aplicación del líquido desencofrante. Montaje del sistema de encofrado. Colocación de elementos de sustentación, fijación y acodalamiento. Aplomado y nivelación del encofrado. Humectación del encofrado. Desmontaje del sistema de encofrado. Limpieza y almacenamiento del encofrado.

3.2. Hormigón vigas de fundación; tipo H-30 con CAH		Volúmen Total	m3	17,98
Volumen de hormigón vigas de fundación		m3	17,98	
Superficie en planta de vigas		m2	68,37	
Espesor de vigas		m	0,25	
Volumen de hormigón vigas de fundación		m3	17,09	
Desperdicio 5%		m3	1,05	
Volumen final de hormigón vigas de fundación		m3	17,98	
Hierro aleteado conformado tipo ADN 420, Ø 6 mm. + 10% (incluidas las mermas)		t	0,240	
Longitud total		m	981,96	
Hierro aleteado conformado tipo ADN 420, Ø 10 mm. + 10% (incluidas las mermas)		t	1,68	
Longitud total		m	797,18	
Alambre negro recocido N°16		Kg	2,00	
Cuántía por tonelada de hierro		Kg/t	0,70	
Toneladas de hierro requerida		t	1,92	
Cuántía por m3 de H°		Kg/m3	0,11	
Montaje y desmontaje de sistema de encofrado		m2	17,00	
Superficie requerida		m2	17,00	

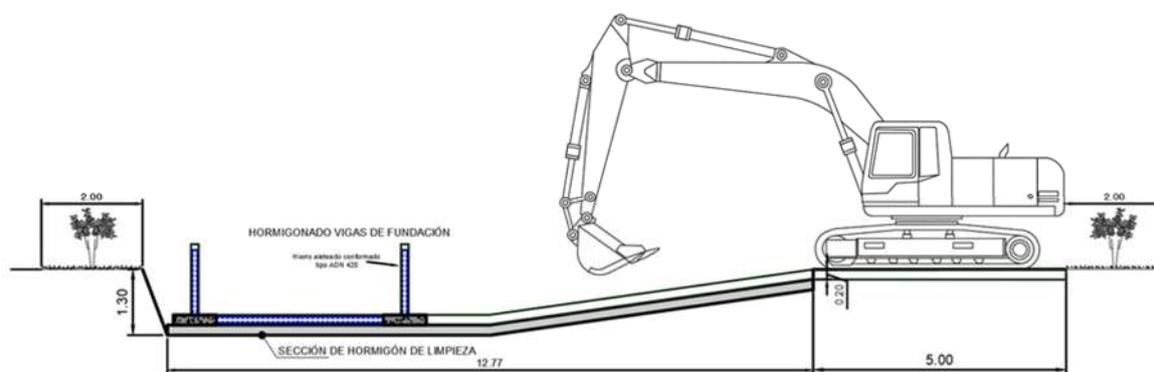


Imagen 23. Sección de vigas de fundación. Hormigón tipo H30-CAH.

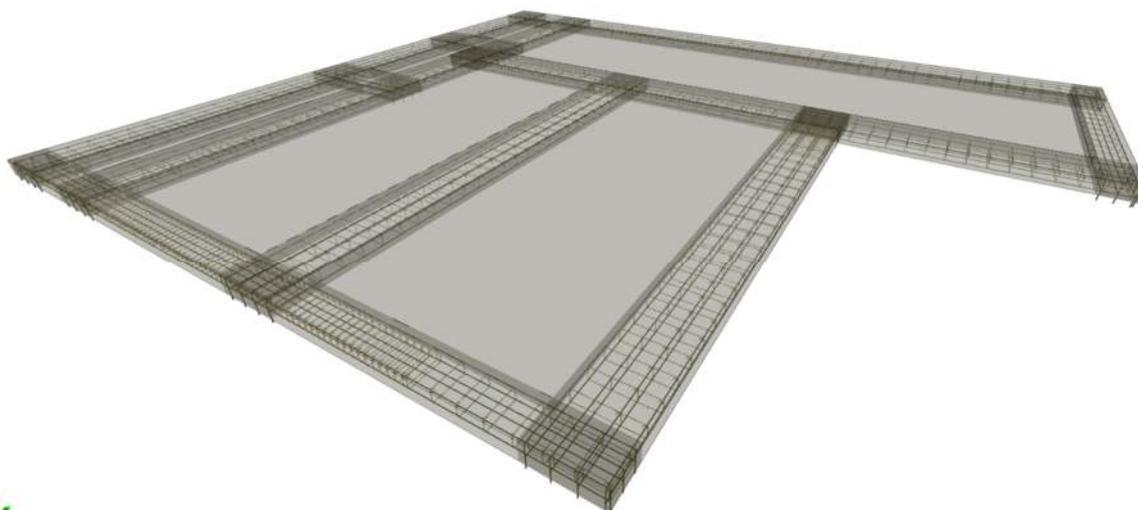


Imagen 24. Modelo 3d vigas de fundación.

4.1.3.3. Hormigón losa de fondo, tipo H30 con CAH.

Tal a lo indicado en el ítem anterior, el hormigonado de losa se prevé en simultáneo con el hormigonado de las vigas de fundación, por motivos de homogeneidad de la estructura. Las tareas comprenden: acabado superficial liso mediante aguja vibratoria, incluso armaduras para formación refuerzos, pliegues, encuentros, arranques y esperas en muros, cambios de nivel, alambre de atar y separadores. Replanteo y trazado de la losa y de los tabiques o muros u otros elementos estructurales que apoyen en la misma. Colocación de separadores y fijación de las armaduras. Conexión, anclaje y emboquillado de las redes de instalaciones proyectadas. Colado y compactación del hormigón. Coronación y enrase de cimientos. Curado del hormigón.

3.3. Hormigón losa de fondo; tipo H-30 con CAH	Volúmen Total	m3	18,99
Volumen de hormigón losa de fondo	m3		18,99
Superficie en planta de losas	m2		94,96
Espesor de losa	m		0,20
Hierro aleteado conformado tipo ADN 420, Ø 10 mm. + 10% (incluidas las mermas)			
Longitud total	t		1,14
	m		1674,60
Alambre negro recocido N°16			
Cuanía por tonelada de hierro	Kg		2,00
	Kg/t		0,70
Toneladas de hierro requerida	t		1,14
Cuanía por m3 de H°	Kg/m3		0,06

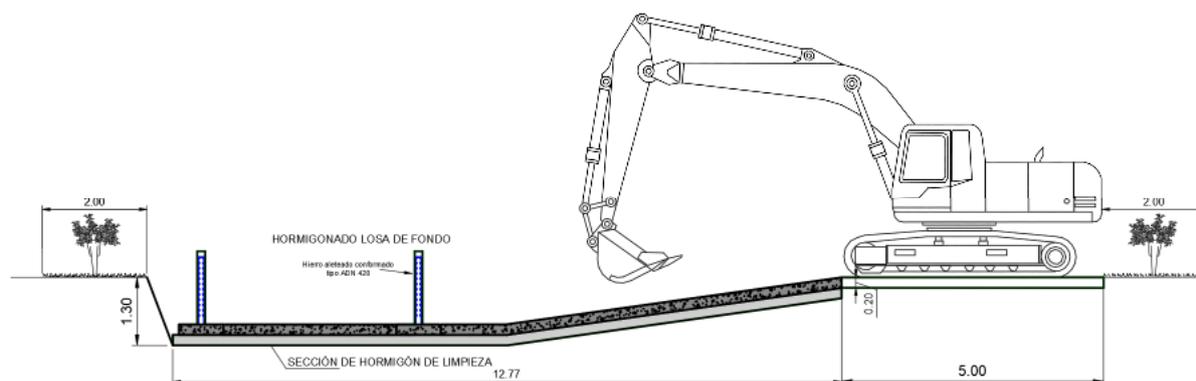


Imagen 25. Sección hormigón de losas. Tipo H30-CAH.



Imagen 26. Modelo 3D losas de fondo.

4.1.3.4. Hormigón de tabiques laterales, tipo H30 con CAH.

Una vez hormigonada la losa de fondo y vigas de fundación, se procederá a encofrar los tabiques laterales de 1,40 [m.] de alto por 0,15 [m.] de espesor, con paneles metálicos modulares y puntales. Comprende las tareas de montaje y desmontaje, de sistema de encofrado a una cara con acabado para revestir, realizado con paneles metálicos modulares, amortizables en 150 usos, para formación de muro de hormigón armado, de hasta 3 m de altura y superficie plana, para contención de tierras. Incluso, pasamuros para paso de los tensores; elementos de sustentación, fijación y apuntalamiento necesarios para su estabilidad; y líquido desencofrante, para evitar la adherencia del hormigón al encofrado.

Incluye, además: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo del encofrado sobre la fundación. Replanteo de las juntas de construcción y de dilatación. Colocación de pasamuros para paso de los tensores. Montaje del sistema de encofrado. Colocación de elementos de sustentación, fijación y apuntalamiento. Aplomado y nivelación del encofrado. Desmontaje del sistema de encofrado. Limpieza y almacenamiento del encofrado.

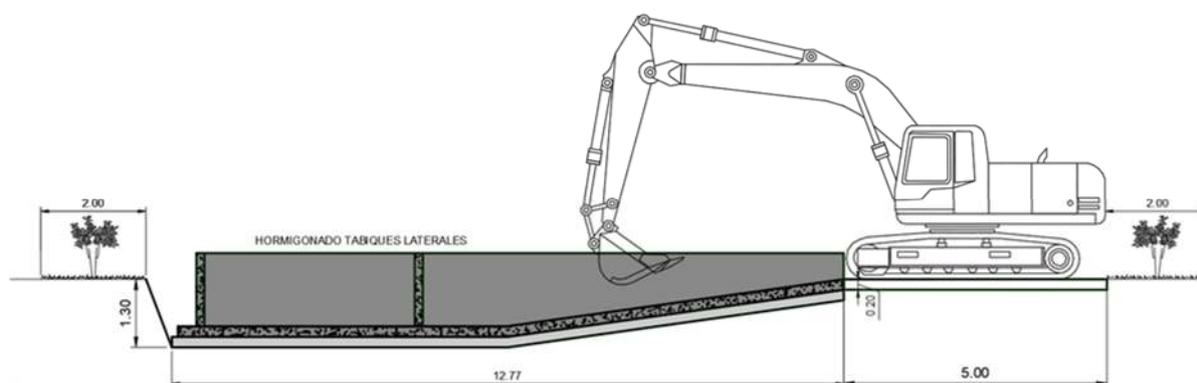


Imagen 27. Sección hormigón de tabiques laterales. Hormigón tipo H30-CAH.

3.4. Hormigón tabiques laterales; tipo H-30 con CAH	Volúmen Total	m3	18,14
Volumen total de tabiques laterales		m3	18,14
Superficie total de tabiques		m2	12,59
altura de tabiques		m	1,40
Volumen tabique sedimentadores		m3	17,63
Desperdicio 3%		m3	1,03
Volumen final de hormigón tabiques laterales		m3	18,14
Hierro aleteado conformado tipo ADN 420, Ø 8 mm. + 10% (incluidas las mermas)		t	0,370
Longitud total		m	853,00
Hierro aleteado conformado tipo ADN 420, Ø 10 mm. + 10% (incluidas las mermas)		t	1,176
Longitud total		m	1735,20
Hierro aleteado conformado tipo ADN 420, Ø 16 mm. + 10% (incluidas las mermas)		t	0,592
Longitud total		m	341,20
Alambre negro recocido N°16		Kg	3,00
Cuántía por tonelada de hierro		Kg/t	0,70
Toneladas de hierro requerida		t	2,14
Cuántía por m3 de H°		Kg/m3	0,12
Montaje y desmontaje de sistema de encofrado		m2	121,09
Superficie requerida		m2	121,09

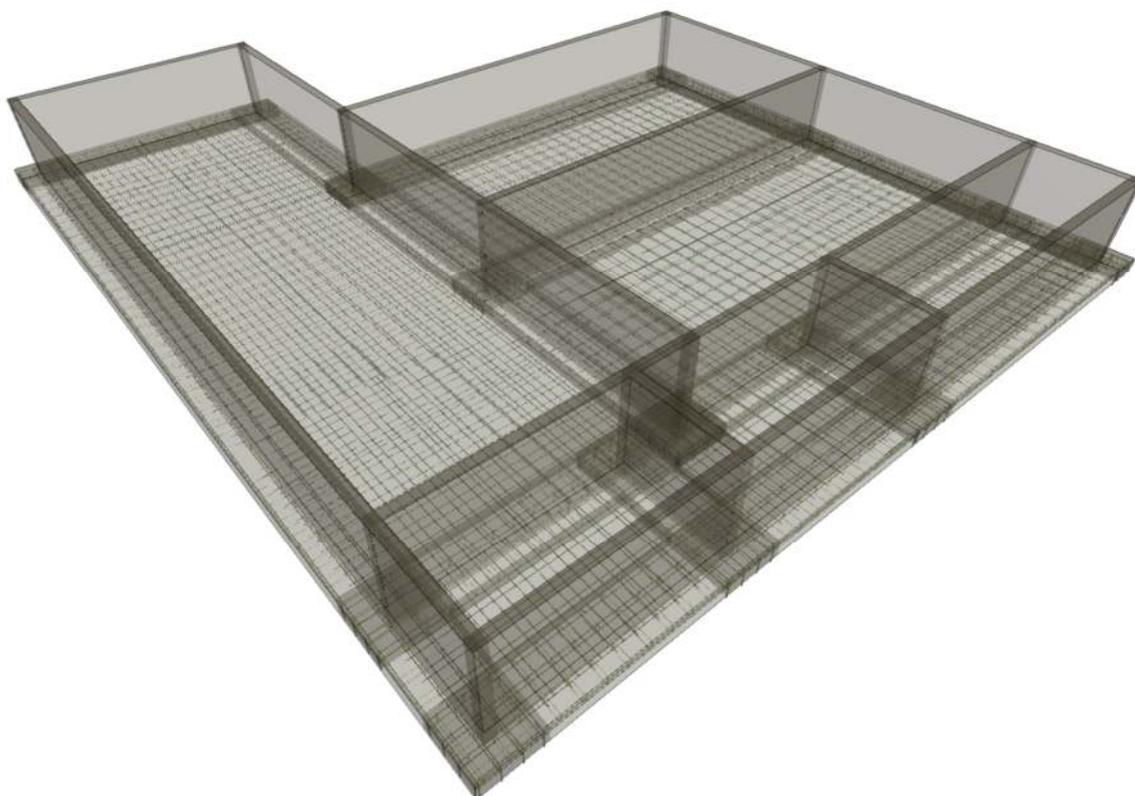


Imagen 28. Modelo 3D tabiques laterales.

4.1.3.5. Provisión y colocación membrana elástica waterstop.

Durante la ejecución y colocación de la armadura del reservorio, antes del hormigonado de tabiques o muros, se deberá colocar en correspondencia con la base propiciada por la losa y vigas de fundación, las respectivas juntas elásticas de construcción; las cuales estarán materializadas con cintas pre elaboradas de P.V.C. marca Sika modelo Sika Waterstop O-15, que deben ubicarse a una distancia desde la superficie, igual o mayor a la mitad del ancho de la cinta, preferentemente en el medio de la armadura vertical; y para ello el ancho elegido no debe superar el espesor total de la pieza estructural. Para mantenerlas firmes durante el hormigonado se las debe fijar al encofrado o a los hierros de la armadura, para ello pueden utilizarse alambres pasantes por orificios ejecutados en los bordes de las cintas cuidadosamente.

3.5. Provisión y colocación membrana elástica waterstop	Cantidad	Un.	4,00
Cintas preelaboradas elásticas de P.V.C. para juntas de hormigonado o de dilatación - marca SIKA Waterbar O15 - rollo x 20 m		Un	4,00
Longitud total de perímetro		m	68,08
Longitud comercial		m	20,00
Cantidad de rollos necesarios		Un	3,40

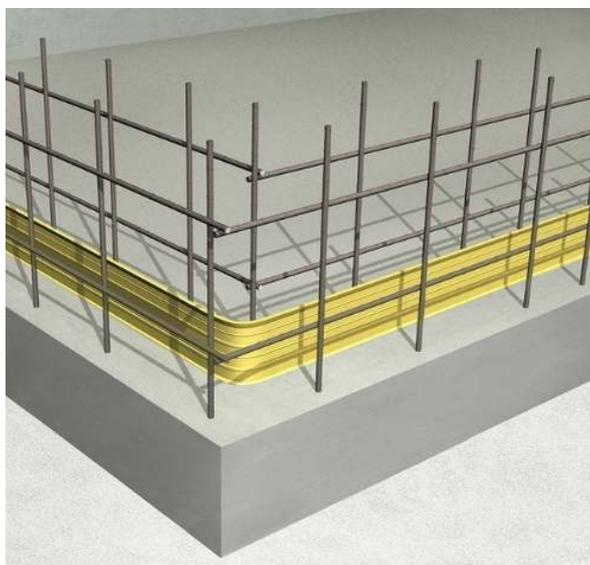


Imagen 29. Modelo 3D colocación de juntas elásticas waterstop.

4.1.4. Filtro lento de arena.

Comprende la confección de la caja de filtro, incluida la arena seleccionada y los agregados gruesos, su colocación y terminación, como así también la materialización de los canales secundarios y principales de recolección de agua filtrada, en caños de PVC de 90 [mm] de diámetro perforados.

4. Filtro lento de arena			Un.	1,00
4.1. Preparación y armado de filtro		Volumen Total	m3	2,18
Arena gruesa de primer lavado; Peso Especifico=1,7 gr/cm3		Cantidad	m3	1,79
Ancho de filtro			m	1,50
Sección transversal			m2	1,19
Piedra partida silícea 5-12 mm		Cantidad	m3	0,17
Ancho de filtro			m	1,50
Sección transversal			m2	0,11
Piedra tipo canto rodado 10-20 mm		Cantidad	m3	0,11
Ancho de filtro			m	1,50
Sección transversal			m2	0,08
Piedra tipo canto rodado 10-30 mm		Cantidad	m3	0,11
Ancho de filtro			m	1,50
Sección transversal			m2	0,08
Cañería colectora y de desagüe - caño 90 mm PVC perforado		Cantidad	Un	2,00
Largo de conductos			m	1,50
Cantidad de unidades en filtro			Un	6,00
Longitud total			m	9,00
Longitud de caño comercial			m	6,00
Cantidad de caños necesarias			Un	1,50
Cantidad adoptada			Un	2,00
Desperdicio			%	1,33

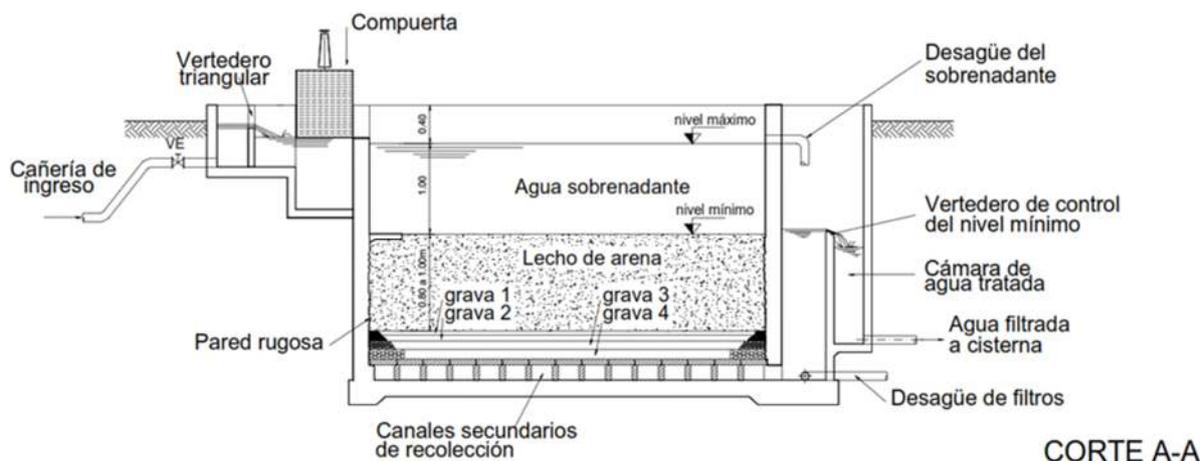


Imagen 30. Sección filtro de arena.

4.1.5. Veredas perimetrales.

Culminadas las tareas de hormigonado de todo el sistema, se procederá a la construcción de la vereda perimetral de 1,50 [m] de ancho por 23,00 [m] de longitud, para lo cual se deberá en primer instancia realizar el saneamiento, compactación, perfilación y terminado de la base en las zonas en contacto directo con el terreno, en un espesor de 0,15 [m], luego de lo cual se realizará la colocación de una capa de hormigón de limpieza y un contrapiso tipo H15 en un espesor de 0,12 [m], sobre el cual se instalarán la correspondiente terminación superficial de barandas perimetrales de seguridad confeccionadas en hierro redondo estructural 2" x 1,60 mm (x 6m c/u), con protección de pintura epoxi de 2 componentes.

5. Veredas perimetrales		m2	
5.1. Contrapiso hormigón tipo H-15; espesor e=12 cm		Volúmen Total	m3 6,41
Espesor de contrapiso		m	0,12
Superficie en planta		m2	53,38
5.2. Escaleras y barandas perimetrales		Unidades Totales	Gl. 1,00
Longitud total de aplicación		ml.	23,00



Imagen 31. Ejemplo barandas perimetrales.

4.1.6. Sistemas adicionales.

Comprende las tareas adicionales de incorporación de sistemas hidráulicos, conexiones eléctricas y sistemas de almacenamiento.

Se prevé la instalación de un sistema completo de bombeo, tanto para la extracción de agua residual para su almacenamiento, evacuación, recirculación y reutilización para lavado, el cual comprende la utilización de 4 bombas centrífugas de 1 a 5 HP, incluidas las cañerías de hierro galvanizado pintado, sistema de accionamiento eléctrico y sus conexiones.

Adicional al sistema de reservorios de tratamiento se prevé la instalación de una tolva separadora de áridos gruesos, la cual consiste en un sistema de tornillo sin fin de alas helicoidales, en posición inclinada, dentro del cual por decantación se produce la separación de los materiales gruesos. Dicha tolva constituye el elemento de recepción del material residual de los camiones mixers previo a la descarga del agua residual al sistema de tratamiento. La tolva se encuentra confeccionada íntegramente en acero galvanizado.

A su vez adicional al reservorio de almacenamiento proyectado, se prevé la instalación de un tanque de almacenamiento de agua reciclada, para su posterior reutilización como agua de lavado de planta y camiones, como así también como agua de mezclado. El tanque de almacenamiento consiste en la instalación de un tanque de 10.000,00 litros de polietileno de alta densidad, incluido el sistema de conexiones hidráulicas.

6. Sistemas adicionales	Gl.	
6.1. Sistema de bombas hidráulicas + cañerías de impulsión	Gl	1,00
6.2. Tanque de almacenamiento	Gl.	1,00
6.3. Tolva + sinfin de separación de agregados	Gl.	1,00



Imagen 32. Sistema de tolva + tornillo sin fin separador de áridos gruesos.



Imagen 33. Sala y sistema de bombas hidráulicas.



Imagen 34. Tanque de almacenamiento externo.

4.1.7. Resumen cómputo métrico.

CÓMPUTO MÉTRICO

Obra: Propuesta de un sistema de tratamiento de agua residual para su aplicación en plantas elaboradoras de hormigón

Ítem N°	Descripción	Un.	Cantidad
1.	Trabajos preliminares	Gl.	1,00
1.1.	Limpieza, desmalezado y desbroce zona de obra	Gl.	1,00
2.	Movimiento de suelos	m3	126,82
2.1	Excavación y retiro de suelo natural	Volumen total (S) m3	126,82
3.	Hormigón armado	m3	86,77
3.1.	Hormigón de limpieza, tipo H15	Volúmen Total m3	31,66
3.2.	Hormigón vigas de fundación; tipo H-30 con CAH	Volúmen Total m3	17,98
3.3.	Hormigón losa de fondo; tipo H-30 con CAH	Volúmen Total m3	18,99
3.4.	Hormigón tabiques laterales; tipo H-30 con CAH	Volúmen Total m3	18,14
3.5.	Provisión y colocación membrana elástica waterstop	Cantidad Un.	4,00
4.	Filtro lento de arena	Un.	1,00
4.1.	Preparación y armado de filtro	Volumen Total m3	2,18
5.	Veredas perimetrales	Gl.	1,00
5.1.	Contrapiso hormigón tipo H-15; espesor e=12 cm	Volúmen Total m3	6,41
5.2.	Escaleras y barandas perimetrales	Unidades Totales Gl.	1,00
6.	Sistemas adicionales	Gl.	1,00
6.1.	Sistema de bombas hidráulicas + cañerías de impulsión	Gl	1,00
6.2.	Tanque de almacenamiento	Gl.	1,00
6.3.	Tolva + sínfin de separación de agregados	Gl.	1,00

4.2. Costo de materiales.

PLANILLA DE PRECIOS DE MATERIALES (actualizado a Marzo 2022)										
PRECIOS NETOS - PAGO CONTADO SIN IVA										
Código	DESCRIPCIÓN	Unidad	Costo en origen	Desperdicios		Procedencia	Distancia km	Transporte a obra		PRECIO UNITARIO (I) x (II) x (III) = (IV)
			(I)	%	(II)			\$/tn.km	(III)	
P001	Aditivo reductor de agua de alto rango Superplastificante - DARACEM 100	Kg	\$ 377,00	2,00%	\$ 7,54	Quilmes	450	0,0245	\$ 11,03	\$ 395,57
P002	Aditivo Reductor de Agua de Medio Rango - MIRA CR74	Kg	\$ 289,00	2,00%	\$ 5,78	Quilmes	450	0,0245	\$ 11,03	\$ 305,81
P003	Alambre negro recocido N°16	Kg	\$ 148,39	5,00%	\$ 7,42	Concordia	0	0,0050	\$ 0,00	\$ 155,81
P004	Arena especial para hormigón MF=2,9; Peso Especifico=1,6 gr/cm3	t	\$ 576,50	5,00%	\$ 28,83	Concordia	0	0,5000	\$ 0,00	\$ 605,33
P005	Arena gruesa de primer lavado; Peso Especifico=1,7 gr/cm3	t	\$ 403,00	5,00%	\$ 20,15	Concordia	27	1,5050	\$ 40,48	\$ 463,63
P006	Bomba hidráulica + sistema de cañerías de impulsión y desagüe	Un.	\$ 864.000,00	0,00%	\$ 0,00	Concordia	9	0,0000	\$ 0,00	\$ 864.000,00
P007	Sistema sinfin separador y decantador de áridos	Un.	\$ 561.000,00	0,00%	\$ 0,00	Concordia	0	0,0000	\$ 0,00	\$ 561.000,00
P008	Caño Pvc Diam. 90mm X 3.7 X 6 Mts K-10 Junta Pegar Riego	Un.	\$ 9.513,00	1,33%	\$ 126,52	Concordia	0	0,0000	\$ 0,00	\$ 9.639,52
P009	Clavos Punta Paris Acindar 2 1/2 Caja 15 Kg	Un.	\$ 8.964,45	0,00%	\$ 0,00	Santa Fé	361	1,2000	\$ 433,20	\$ 9.397,65
P010	Cemento de Alto Homo CAH 40 (ARS) a granel - Loma Negra	t	\$ 16.959,50	1,80%	\$ 305,27	Olavarría	748	2,2400	\$ 1.675,52	\$ 18.940,29
P011	Cemento Portland Normal CPC 50 a granel - Loma Negra	t	\$ 14.046,40	1,80%	\$ 252,84	Olavarría	748	1,6000	\$ 1.196,80	\$ 15.496,04
P012	Cintas preelaboradas elásticas de P.V.C. para juntas de hormigonado o de dilatación - marca SIKA Waterbar O15 - rollo x 20 m	m	\$ 1.920,00	0,00%	\$ 0,00	Caseros	408	1,2000	\$ 489,60	\$ 2.409,60
P013	Desmoldante protector para encofrados - SIKA Separol AS-AR x tambor de 200 L	dm3	\$ 423,47	1,00%	\$ 4,23	Caseros	408	1,2000	\$ 489,60	\$ 917,30
P014	Hierro aleteado conformado tipo ADN 420, ø 16 mm.	t	\$ 263.713,08	2,00%	\$ 5.274,26	Santa Fé	361	1,2000	\$ 433,20	\$ 269.420,54
P015	Hierro aleteado conformado tipo ADN 420, ø 10 mm.	t	\$ 226.537,84	2,00%	\$ 4.530,76	Santa Fé	361	1,2000	\$ 433,20	\$ 231.501,79
P016	Hierro aleteado conformado tipo ADN 420, ø 8 mm.	t	\$ 225.527,43	3,00%	\$ 6.765,82	Santa Fé	361	1,2000	\$ 433,20	\$ 232.726,45
P017	Hierro aleteado conformado tipo ADN 420, ø 6 mm.	t	\$ 52.631,58	2,00%	\$ 1.052,63	Santa Fé	361	1,2000	\$ 433,20	\$ 54.117,41
P018	Hormigón tipo H-15	m3	\$ 10.194,59	2,00%	\$ 203,89	Concordia	0	0,0000	\$ 0,00	\$ 10.398,48
P019	Hormigón tipo H-30	m3	\$ 11.729,85	2,00%	\$ 234,60	Concordia	0	0,0000	\$ 0,00	\$ 11.964,44
P020	Hormigón H30-CAH40	m3	\$ 13.931,71	2,00%	\$ 278,63	Concordia	0	0,0000	\$ 0,00	\$ 14.210,34
P021	Barandas metálicas de seguridad	Gl.	\$ 55.781,00	0,00%	\$ 0,00	Campana	351	3,0000	\$ 1.053,00	\$ 56.834,00
P022	Membrana de curado para hormigón - SIKA Antisol Normalizado - tambor x 200 L	dm3	\$ 241,31	2,00%	\$ 4,83	Caseros	408	0,0050	\$ 2,04	\$ 248,18
P023	Mortero de cemento	m3	\$ 9.574,78	2,00%	\$ 191,50	Concordia	0	0,0000	\$ 0,00	\$ 9.766,28
P024	Montaje de sistema de encofrado recuperable de madera, para zapata corrida de fundación de sección en "T" invertida, formado por tabloncillos de madera, amortizables en 4 usos, y posterior desmontaje del sistema de encofrado. Incluso elementos de sustentación, fijación y acodalamientos necesarios para su estabilidad y líquido desencofrante, para evitar la adherencia del hormigón al encofrado.	m2	\$ 1.229,34	0,00%	\$ 0,00	Concordia	0	0,0500	\$ 0,00	\$ 1.229,34
P025	Piedra tipo canto rodado 10-20 mm	t	\$ 1.210,91	5,00%	\$ 60,55	Mocoretá	181	2,6400	\$ 477,84	\$ 1.749,30
P026	Piedra tipo canto rodado 10-30 mm	t	\$ 1.084,49	5,00%	\$ 54,22	Mocoretá	181	1,5050	\$ 272,41	\$ 1.411,12
P027	Piedra partida silícea 5-12 mm	t	\$ 1.310,00	2,50%	\$ 32,75	Puerto Yerúa	33,2	1,0600	\$ 35,19	\$ 1.377,94
P028	Tanque de 10000 L Rotoplast	Un.	\$ 341.172,00	0,00%	\$ 0,00	Concordia	0	0,0000	\$ 0,00	\$ 341.172,00
P029	Agua potable	m3	\$ 1,25	25,00%	\$ 0,31	Concordia	0	0,0000	\$ 0,00	\$ 1,56

4.3. Costo de mano de obra.

Los *precios básicos* (salarios básicos de convenio) se encuentran regulados y se definen por medio del *Convenio Colectivo de Trabajo* correspondiente a cada acuerdo gremial, de ámbito Nacional. Para la industria de la construcción y para lo concerniente al presente trabajo, se utilizan las tablas de salarios básicos suscriptos entre la *Unión Obrera de la Construcción de la República Argentina (UOCRA)* y la *Unión de Empleados de la Construcción y Afines de la República Argentina (UECARA)*, con la *Cámara Argentina de la Construcción (CAC)*, la *Federación Argentina de Entidades de la Construcción (FAEC)* y el *Centro de Arquitectos, Ingenieros, Constructores y afines*, debidamente homologados por el *Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación*. Dichos valores de salarios básicos se acuerdan de manera periódica a través de paritarias nacionales, con el fin de adaptarlos a los constantes aumentos en los costos de vida.

Se adjuntan las respectivas tablas salariales a utilizar para el presente trabajo, correspondiente al último acuerdo con vigencia a partir del 19 de marzo de 2022, tanto para convenio U.O.C.R.A. como para U.E.C.A.R.A.:

ANÁLISIS DE VALORES HORARIOS DE MANO DE OBRA UOCRA						
<i>Fecha: 19/03/2022</i>						
<i>Convenio 76/75 y 577/10 - marzo 2022</i>						
	Incidencia	CATEGORIAS				
		Of. Especializado	Oficial	Medio Oficial	Ayudante	Sereno
Básico horario según convenio "Zona A"	100%	\$ 420,79	\$ 358,55	\$ 330,59	\$ 303,49	\$ 312,88
Básico mensual según convenio "Zona A"	Por 176 h	\$ 74.059,04	\$ 63.104,80	\$ 58.183,84	\$ 53.414,24	\$ 55.066,00
Incidencia Presentismo	20,00%	\$ 84,16	\$ 71,71	\$ 66,12	\$ 60,70	\$ 62,58
Sub Total	Por 176 h	\$ 14.811,81	\$ 12.620,96	\$ 11.636,77	\$ 10.682,85	\$ 11.013,20
Salarios pagados por tiempos no trabajados, incluida indemnización por causas climáticas	16,30%	\$ 68,59	\$ 58,44	\$ 53,89	\$ 49,47	\$ 51,00
Sub total	Por 176 h	\$ 12.071,62	\$ 10.286,08	\$ 9.483,97	\$ 8.706,52	\$ 8.975,76
Asignacon por vestimenta	4,20%	\$ 17,67	\$ 15,06	\$ 13,88	\$ 12,75	\$ 13,14
Sub total	Por 176 h	\$ 3.110,48	\$ 2.650,40	\$ 2.443,72	\$ 2.243,40	\$ 2.312,77
Sueldo anual complementario	11,30%	\$ 47,55	\$ 40,52	\$ 37,36	\$ 34,29	\$ 35,35
Sub total	Por 176 h	\$ 8.368,67	\$ 7.130,84	\$ 6.574,77	\$ 6.035,81	\$ 6.222,46
Sub total	Por 6 meses	\$ 50.212,03	\$ 42.785,05	\$ 39.448,64	\$ 36.214,85	\$ 37.334,75
Fondo de cese laboral e indemnización por fallecimiento	16,73%	\$ 70,40	\$ 59,99	\$ 55,31	\$ 50,77	\$ 52,34
Sub total	Por 176 h	\$ 12.390,08	\$ 10.557,43	\$ 9.734,16	\$ 8.936,20	\$ 9.212,54
Contribuciones patronales y seguro de vida obligatorio	33,99%	\$ 143,03	\$ 121,87	\$ 112,37	\$ 103,16	\$ 106,35
Sub total	Por 176 h	\$ 25.172,67	\$ 21.449,32	\$ 19.776,69	\$ 18.155,50	\$ 18.716,93
Aseguradora de riesgo de trabajo - ART	8,60%	\$ 36,19	\$ 30,84	\$ 28,43	\$ 26,10	\$ 26,91
Sub total	Por 176 h	\$ 6.369,08	\$ 5.427,01	\$ 5.003,81	\$ 4.593,62	\$ 4.735,68
COSTO TOTAL POR HORA	211,12%	\$ 888,37	\$ 756,97	\$ 697,94	\$ 640,73	\$ 660,54
COSTO TOTAL POR MES		\$ 156.353,45	\$ 133.226,85	\$ 122.837,72	\$ 112.768,14	\$ 116.255,34
PORCENTAJE DE CARGAS SOCIALES RESPECTO	111,12%	\$ 467,58	\$ 398,42	\$ 367,35	\$ 337,24	\$ 347,67

ANÁLISIS DE VALORES HORARIOS DE MANO DE OBRA - UECARA																	
Fecha: 19/03/2022 Convenio 2019-857-APN_SECT#MPYT-UECARA	CATEGORIAS	Grupo I: Capateces de Obra			Grupo II: Administrativos				Grupo III: Técnicos				Grupo IV: Personal de sistemas informáticos			Grupo V: Personal de maestranza, mant. y serv. aux.	
	Incidencia	Capataz de obra	Capataz de tarea, fase o espec.	Capataz de segunda	Analista adm.	Auxiliar Adm.	Ayudante Adm.	Ayudante Adm. 2da.	Analista Técnico	Auxiliar Técnico	Ayud. Técnico	Ayud. Téc. 2da.	Analista de Sistemas	Téc. de Sistemas de 1ra.	Téc. de Sistemas de 2da.	Maestranza de 1ra.	Maestranza de 2da.
Básico horario según convenio "Zona norte"	100%	\$ 599,23	\$ 541,47	\$ 489,09	\$ 500,96	\$ 461,02	\$ 420,99	\$ 388,53	\$ 527,03	\$ 480,47	\$ 434,01	\$ 388,52	\$ 527,03	\$ 480,47	\$ 388,52	\$ 320,84	\$ 288,54
Básico mensual según convenio "Zona norte"	Por 176 h	\$ 105.464,00	\$ 95.299,00	\$ 86.080,00	\$ 88.169,00	\$ 81.139,00	\$ 74.094,00	\$ 68.381,00	\$ 92.757,00	\$ 84.562,00	\$ 76.386,00	\$ 68.379,00	\$ 92.757,00	\$ 84.562,00	\$ 68.379,00	\$ 56.467,00	\$ 50.783,00
Bonificación Asistencia Perfecta	10,00%	\$ 59,92	\$ 54,15	\$ 48,91	\$ 50,10	\$ 46,10	\$ 42,10	\$ 38,85	\$ 52,70	\$ 48,05	\$ 43,40	\$ 38,85	\$ 52,70	\$ 48,05	\$ 38,85	\$ 32,08	\$ 28,85
Sub Total	Por 176 h	\$ 10.546,40	\$ 9.529,90	\$ 8.608,00	\$ 8.816,90	\$ 8.113,90	\$ 7.409,40	\$ 6.838,10	\$ 9.275,70	\$ 8.456,20	\$ 7.638,60	\$ 6.837,90	\$ 9.275,70	\$ 8.456,20	\$ 6.837,90	\$ 5.646,70	\$ 5.078,30
Antigüedad (Anexo I: \$927 por c/año antig.)	16,30%	\$ 97,67	\$ 88,26	\$ 79,72	\$ 81,66	\$ 75,15	\$ 68,62	\$ 63,33	\$ 85,91	\$ 78,32	\$ 70,74	\$ 63,33	\$ 85,91	\$ 78,32	\$ 63,33	\$ 52,30	\$ 47,03
Sub total	Por 176 h	\$ 17.190,63	\$ 15.533,74	\$ 14.031,04	\$ 14.371,55	\$ 13.225,66	\$ 12.077,32	\$ 11.146,10	\$ 15.119,39	\$ 13.783,61	\$ 12.450,92	\$ 11.145,78	\$ 15.119,39	\$ 13.783,61	\$ 11.145,78	\$ 9.204,12	\$ 8.277,63
Adicional por Título (Anexo I)	6,30%	\$ 37,75	\$ 34,11	\$ 30,81	\$ 31,56	\$ 29,04	\$ 26,52	\$ 24,48	\$ 33,20	\$ 30,27	\$ 27,34	\$ 24,48	\$ 33,20	\$ 30,27	\$ 24,48	\$ 20,21	\$ 18,18
Sub total	Por 176 h	\$ 6.644,23	\$ 6.003,84	\$ 5.423,04	\$ 5.554,65	\$ 5.111,76	\$ 4.667,92	\$ 4.308,00	\$ 5.843,69	\$ 5.327,41	\$ 4.812,32	\$ 4.307,88	\$ 5.843,69	\$ 5.327,41	\$ 4.307,88	\$ 3.557,42	\$ 3.199,33
Sueldo anual complementario	11,30%	\$ 67,71	\$ 61,19	\$ 55,27	\$ 56,61	\$ 52,09	\$ 47,57	\$ 43,90	\$ 59,55	\$ 54,29	\$ 49,04	\$ 43,90	\$ 59,55	\$ 54,29	\$ 43,90	\$ 36,25	\$ 32,60
Sub total	Por 176 h	\$ 11.917,43	\$ 10.768,79	\$ 9.727,04	\$ 9.963,10	\$ 9.168,71	\$ 8.372,62	\$ 7.727,05	\$ 10.481,54	\$ 9.555,51	\$ 8.631,62	\$ 7.726,83	\$ 10.481,54	\$ 9.555,51	\$ 7.726,83	\$ 6.380,77	\$ 5.738,48
Sub total	Por 6 meses	\$ 71.504,59	\$ 64.612,72	\$ 58.362,24	\$ 59.778,58	\$ 55.012,24	\$ 50.235,73	\$ 46.362,32	\$ 62.889,25	\$ 57.333,04	\$ 51.789,71	\$ 46.360,96	\$ 62.889,25	\$ 57.333,04	\$ 46.360,96	\$ 38.284,63	\$ 34.430,87
Adicional por traslados	5,00%	\$ 29,96	\$ 27,07	\$ 24,45	\$ 25,05	\$ 23,05	\$ 21,05	\$ 19,43	\$ 26,35	\$ 24,02	\$ 21,70	\$ 19,43	\$ 26,35	\$ 24,02	\$ 19,43	\$ 16,04	\$ 14,43
Sub total	Por 176 h	\$ 5.273,20	\$ 4.764,95	\$ 4.304,00	\$ 4.408,45	\$ 4.056,95	\$ 3.704,70	\$ 3.419,05	\$ 4.637,85	\$ 4.228,10	\$ 3.819,30	\$ 3.418,95	\$ 4.637,85	\$ 4.228,10	\$ 3.418,95	\$ 2.823,35	\$ 2.539,15
Contribuciones patronales, Jubilación y seguro de vida obligatorio	36,00%	\$ 215,72	\$ 194,93	\$ 176,07	\$ 180,35	\$ 165,97	\$ 151,56	\$ 139,87	\$ 189,73	\$ 172,97	\$ 156,24	\$ 139,87	\$ 189,73	\$ 172,97	\$ 139,87	\$ 115,50	\$ 103,87
Sub total	Por 176 h	\$ 37.967,04	\$ 34.307,64	\$ 30.988,80	\$ 31.740,84	\$ 29.210,04	\$ 26.673,84	\$ 24.617,16	\$ 33.392,52	\$ 30.442,32	\$ 27.498,96	\$ 24.616,44	\$ 33.392,52	\$ 30.442,32	\$ 24.616,44	\$ 20.328,12	\$ 18.281,88
Aseguradora de riesgo de trabajo ART	8,60%	\$ 51,53	\$ 46,57	\$ 42,06	\$ 43,08	\$ 39,65	\$ 36,21	\$ 33,41	\$ 45,32	\$ 41,32	\$ 37,32	\$ 33,41	\$ 45,32	\$ 41,32	\$ 33,41	\$ 27,59	\$ 24,81
Sub Total	Por 176 h	\$ 9.069,90	\$ 8.195,71	\$ 7.402,88	\$ 7.582,53	\$ 6.977,95	\$ 6.372,08	\$ 5.880,77	\$ 7.977,10	\$ 7.272,33	\$ 6.569,20	\$ 5.880,59	\$ 7.977,10	\$ 7.272,33	\$ 5.880,59	\$ 4.856,16	\$ 4.367,34
COSTO TOTAL POR HORA	193,50%	\$ 1.159,50	\$ 1.047,75	\$ 946,39	\$ 969,36	\$ 892,07	\$ 814,61	\$ 751,80	\$ 1.019,80	\$ 929,70	\$ 839,81	\$ 751,78	\$ 1.019,80	\$ 929,70	\$ 751,78	\$ 620,82	\$ 558,32
COSTO TOTAL POR MES		\$ 204.072,84	\$ 184.403,57	\$ 166.564,80	\$ 170.607,02	\$ 157.003,97	\$ 143.371,89	\$ 132.317,24	\$ 179.484,80	\$ 163.627,47	\$ 147.806,91	\$ 132.313,37	\$ 179.484,80	\$ 163.627,47	\$ 132.313,37	\$ 109.263,65	\$ 98.265,11
PORCENTAJE DE CARGAS SOCIALES	93,50%	\$ 560,28	\$ 506,28	\$ 457,30	\$ 468,40	\$ 431,05	\$ 393,62	\$ 363,27	\$ 492,77	\$ 449,24	\$ 405,80	\$ 363,26	\$ 492,77	\$ 449,24	\$ 363,26	\$ 299,98	\$ 269,78

4.4. Costos de equipos y maquinaria.

4.4.1. Introducción (Gastos fijos – Gastos de funcionamiento).

El uso de los diferentes equipos y maquinaria necesarios para la ejecución de una obra tienen un costo, ya sea de inversión o de alquiler, dicho costo debe ser recuperado; a su vez el saldo no amortizado debe rendir un cierto interés, sin dejar de lado que el funcionamiento propio de cada máquina genera consumos (de combustibles, lubricantes, repuestos, mano de obra de operación, etc.), lo que se denomina como “costo de operación” o “costo de equipo”. Como se puede deducir el cálculo del costo de la maquinaria requiere de un minucioso análisis, para luego incluirlos a través de su correcta implementación en los precios de cada rubro de la obra.

Si el costo del equipo ha sido incluido como un gasto general, será recuperado a lo largo de toda la ejecución de la obra y saldado al finalizar la misma, si en cambio se lo ha incorporado al costo de un ítem de obra, será recuperado cuando el mismo se haya completado y certificado. Para su cálculo, es necesario definirlo como una suma de varios conceptos, los cuales se pueden clasificar como sigue:

- a) **Gastos Fijos:** se trata de todos aquellos gastos que dependen del tiempo, costos que se producen siempre, esté en funcionamiento o no la maquinaria, dentro de los cuales encontramos:
 - **Amortización de capital invertido.**
 - **Intereses de capital no amortizado.**
 - **Gastos de seguros, patentes, almacenamiento, etc.**

- b) **Gastos de funcionamiento:** se trata de aquellos gastos que dependen básicamente del funcionamiento de la maquinaria, que en general son variables, dentro de los cuales encontramos a:
 - **Combustibles y lubricantes.**
 - **Gastos de mantenimiento y repuestos.**
 - **Mano de obra.**

4.4.2. Metodología de cálculo de los gastos fijos.

4.4.2.1. Depreciación y amortización.

La **depreciación** de un equipo o máquina se refiere a la inevitable pérdida de valor que experimenta el mismo debido al paso del tiempo, sumado al desgaste producido por su uso a pesar de la ejecución de mantenimiento periódico, adquiriendo de esta forma una cierta obsolescencia al alcanzar su vida útil, o bien por avances propios en tecnología y eficiencia que el mercado ofrece. Motivo por el cual se requiere calcular lo que se denomina **amortización**, lo que consiste en introducir el costo de la depreciación al proyecto de manera correcta y justa. En general para la construcción, se emplea la amortización como función del tiempo, considerando que el equipo se emplea a razón de 2.000 horas al año, dicho valor se obtiene de considerar un uso de 8 horas por día, por 5 días a la semana durante 50 semanas al año, es decir:

$$\Rightarrow 8 \frac{h}{día} \times 5 \frac{días}{semana} \times 50 \frac{semanas}{año} = 2.000,00 \frac{h}{año}$$

En lo que respecta a la industria o a los costos industriales, se aplica el **sistema de amortización lineal**, el cual supone que la depreciación es constante en el tiempo, es decir, que se pierde la misma cantidad de dinero en cada año de vida útil del equipo, así para un bien cuya vida útil se estime en 10 años, se depreciará anualmente en un 10% y debe ser amortizado con ese mismo porcentaje.

Se entiende por **vida útil** al promedio de horas de funcionamiento económico y como **uso anual** al promedio anual que estadísticamente, la industria o el fabricante indican para el equipo, sobre la base de datos estadísticos. Este tiempo de vida depende del tipo de equipo, clase de motor y condiciones de operación del mismo, entre otras variables. Debe tenerse en cuenta además que tanto la duración como la actividad anual, son valores variables y aleatorios.

Para el presente proyecto, a modo orientativo, se consideran los periodos de vida útil (en horas efectivas de trabajo) publicados por la “comisión liquidadora de mayores costos de la ex - Obras Sanitarias de la Nación”, la cual se la debe considerar con los recaudos pertinentes, ya que la misma puede resultar desactualizada en algunos casos, para los cuales es necesario recurrir a las especificaciones técnicas de los fabricantes y con los datos reales de cada equipo a utilizar.

Herramientas	Horas	Herramientas	Horas
Automóviles	10000	Equipos de luz	14000
Bombas	12000	Equipos de soldadura	16000
Calderas	16000	Hormigoneras	14000
Camiones	10000	Moldes metálicos	10000
Cintas transportadoras	12000	Motores de nafta	12000
Compresores	12000	Motores diésel	16000
Decauville (vías, locomotoras, furgones)	16000	Motores eléctricos	20000
Excavadoras	14000	Motoniveladoras	10000
Grúas y guinches	16000	Palas de arrastre para tractores	12000
Martinetes para hinca	16000	Planchas y tablestacas metálicas	10000
Grupos electrógenos	10000	Tractores oruga	10000
Herramientas eléctricas	8000	Tractores neumáticos	10000
Herramientas neumáticas	8000	Topadoras para tractor	12000
Equipo de taller	20000	Zanjadoras	12000
Equipos de perforación para conexiones	20000		

La amortización solo compensa la diferencia entre el **costo de adquisición** del equipo (es decir su costo nuevo, actualizado a la fecha de cada presupuesto) y el **costo de rezago** (costo al momento de la venta del equipo usado o valor residual), de modo que la amortización del capital invertido (A.C.I.) se la puede calcular como:

$$A.C.I. = \frac{\text{Costo de adquisición} - \text{Valor residual}}{\text{Vida útil}} = \frac{C.A. - V.R.}{V.U.}$$

El valor residual de una maquina puede estimarse en función del costo de adquisición, recurriendo a comparaciones entre el costo de un equipo nuevo y el de equipos similares con cierta antigüedad. Se adopta un costo de rezago (o residual) del 10% del costo inicial ya que se supone un desgaste importante de los equipos de acuerdo a las tareas a realizar.

4.4.2.2. Intereses sobre capital no amortizado.

Se trata de un capital improductivo, que surge del costo de cada unidad producida por un equipo, que implícitamente lleva consigo una parte proporcional del valor inicial del bien, la cual rinde intereses en el tiempo. El cálculo de dichos intereses hace necesario conocer el saldo no amortizado de cada unidad del equipo.

Se trata de un valor que varía desde un máximo, es decir el valor del equipo nuevo al momento de la puesta en servicio, hasta un mínimo, es decir el valor residual al momento del retiro. En general dicho dato es proporcionado por las empresas que poseen actualizadas y organizadas su contabilidad, de acuerdo a bases de datos de fechas de ingresos y cantidad de horas de servicio de cada equipo, de modo que la solución no resulta tarea sencilla de estimar.

Para este trabajo, se utiliza una solución práctica y razonablemente aproximada, de aplicación general, denominada “intereses sobre el saldo medio” considerando que todos los bienes amortizables para “n” años tienen igual valor de saldo medio, siendo este último resultado de la sumatoria de cada saldo anual, dividida por la cantidad de años “n” considerados, de modo que todos los bienes que posean la misma vida probable, tendrán el mismo coeficiente de saldo medio. Luego para una tasa de interés “i” cualquiera, los intereses sobre el capital no amortizado resultan:

$$ICNA = i \times \frac{CSM \times CA}{UA} = i \times CA \times \frac{n + 1}{2 \cdot n}$$

Siendo:

- **ICNA:** Interés de capital no amortizable.
- **i:** Tasa de interés considerada.
- **CSM:** Coeficiente de Saldo medio.
- **CA:** Capital actualizado.
- **UA:** Uso anual.
- **n:** vida probable = Vida Útil/Uso Anual (VU/UA).

Los valores de coeficientes de saldo medio, para periodos muy grandes tienden al valor de 0,50 tal como se puede observar en la siguiente tabla de uso (Chandías, M., 2006. Cómputos y Presupuestos. 21ª ed. Buenos Aires: Ed. Alsina, pág. 431):

TABLA 22.1. VALORES DE COEFICIENTES

Vida probable	$\frac{n+1}{2n}$
1 año	1,00
2 años	0,75
3 años	0,67
4 años	0,63
5 años	0,60
6 años	0,58
7 años	0,57
8 años	0,56
9 años	0,55
10 años	0,55

4.4.2.3. Interés – Tasa de interés.

Como se considera el costo de la maquinaria a su valor actualizado o valor nuevo, cada presupuesto dicha cifra de interés estará indexada, es decir, como si la moneda de cambio fuera de tipo estable, en cuyo caso los intereses son bajos, situación considerada ideal económicamente. Sin embargo en lo que respecta a la Argentina las tasas de intereses son variables y en general decaen sus rendimientos en el plazo de un año, a su vez como la actividad empresarial/industrial incluye márgenes de riesgo superiores a las tasas bancarias, es conveniente considerar valores de tasas de interés no menores al 10 % o bien aquella que brinda un plazo fijo más una tasa de riesgo propia de la industria de la construcción (que tiene en cuenta el grado de sofisticación de la máquina y la ubicación de la obra), en todo caso es evidente que requiere de su análisis financiero puntual.

A efectos del presente trabajo se considera una *tasa de interés igual al 24,00%* para la “*inversión productiva - MiPyMEs*”, en base a la fuente de datos “*T.N.A.- Régimen de transparencia del Banco Central de la República Argentina*”.

MiPyMEs – Inversión Productiva

Asistencia crediticia a MiPyMEs para Inversión Productiva.

Usuarios:

Micro, Pequeñas y Medianas Empresas de todos los sectores económicos (*).

Destino:

Financiación de proyectos de inversión destinados a la adquisición de bienes de capital nuevos y/o a la construcción de instalaciones necesarias para la producción de bienes y/o servicios y la comercialización de bienes y servicios.

Monto máximo:

Sin limite reglamentario, surgirá de la evaluación individual de cada caso.

Modalidad:

En pesos.

Plazo:

Hasta 5 años.

Desembolsos:

Múltiples, a criterio del Banco, siendo el plazo máximo entre el primer y el último desembolso de 12 meses, El plazo comenzará a regir desde el último desembolso.

Amortización:

Sistema Alemán con periodicidad Mensual, Trimestral o Semestral, de acuerdo al flujo de fondos del solicitante.

Garantías:

A satisfacción del Banco.

Tasa:

Fija 24% TNA.

(*)Se encuentran excluidas aquellas:

- Con actividad agrícolas, que mantenga un acopio de trigo y/o soja de su producción, por un valor superior al 5% de su capacidad de cosecha anual. Se le requerirá para su verificación información y documentación necesaria.
- Que con posterioridad al 19.03.2020 hayan importado bienes de consumo finales, excepto que se trate de productos y/o insumos médicos. Para el caso de Importadores deberá profundizarse el análisis, aceptándose para los no importadores una DDJJ.

4.4.3. Metodología de cálculo de los gastos de funcionamiento.

4.4.3.1. Combustibles.

El consumo de combustible depende del tipo de motor, su potencia nominal, su potencia efectiva en el servicio (variable con la carga), las condiciones del servicio (ambiente polvoriento, estado del tiempo, pendientes a vencer, etc.) y el estado de conservación del motor. Para la mayoría de los casos el consumo teórico, logrado en condiciones ideales en banco de prueba no se alcanza nunca en obra. Para el presente trabajo se considera el uso general de máquinas de motor diésel y condiciones desfavorables de trabajo (servicio pesado).

Luego para calcular costos se consideran los siguientes datos, dados en litros de combustible por cada [H.P.] de potencia y hora de trabajo (Chandías, M., 2006. Cómputos y Presupuestos. 21ª ed. Buenos Aires: Ed. Alsina, pág. 433):

TABLA 22.2. HP H

Tipo	Servicio liviano	Servicio mediano	Servicio pesado
Motor diesel	0,10 a 0,11	0,15	0,26
Motor naftero	0,23 a 0,26	0,30	0,38

4.4.3.2. Lubricantes.

En cuanto al costo de los lubricantes pueden estimarse en función del costo del combustible, pero depende fundamentalmente del tipo de equipo y su motor. En general se adopten valores comprendidos entre un 10% al 70% del costo de combustible (Ver detalle según cada equipo).

4.4.3.3. Mantenimiento y repuestos.

Se tiene en cuenta en este factor el mantenimiento periódico, los ajustes, cambios de piezas desgastadas, cambio de correas, neumáticos, etc. Se acostumbra a dividir básicamente en el mantenimiento relativo a piezas estables, es decir aquellas sin las cuales la condición mecánica quedaría afectada; y la relativa a elementos de fácil recambio y rápido desgaste. Según sea el grado de exigencia del servicio, resultará el costo de mantenimiento y repuestos, el cual siempre es elevado, especialmente si los repuestos son importados como sucede en la mayoría de los casos para la maquinaria vial. Su ponderación se realiza en base al costo de amortización, es decir:

$$\Rightarrow R = \frac{\text{Costo máquina} \times \frac{h}{\text{día}}}{\text{Vida útil}} \times \% \text{incidencia}$$

En general se pueden considerar los siguientes porcentajes de manera uniforme a lo largo de la vida útil de los equipos:

100%	Palas cargadoras y retroexcavadoras
80%	Dragalinas (cucharones de arrastre y cucharones de almeja)
60%	Grúas

4.4.3.4. Personal necesario o mano de obra.

El costo de personal necesario hace referencia pura y exclusivamente al requerido para su manejo u operación. Tanto el personal ayudante como el personal requerido para reparación en talleres se calculan de modo independiente a dicho costo.

4.4.4. Planilla de costos unitarios de equipos.

Se le asigna a cada equipo un código de identificación denominado como “E” (del vocablo Equipo) y de una numeración corrida. Cada valor obtenido de costo de equipo se calcula por separado. Se adjunta a continuación la planilla resumen correspondiente (en Anexo I – Detalle de cálculo se adjuntan las planillas individuales por equipos).

PRECIOS UNITARIOS DE EQUIPOS											Dólar Mayorista BNA 19-03-2022		
													\$ 109,70
											T.N.A BNA		24,00%
Equipo	Marca	Valor del Equipo		Potencia	Amort.	Intereses	(R y R)	Combustible	Lubricante	Operario			
		Dólares	Pesos	HP	\$	\$	\$	Nafta/GasOil	% de (F)	\$ 888,37	\$	\$	
		(A)		(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	
E002	Aguja Vibratoria Naftero 5.5 HP	HONDA	USD 540,36	\$ 59.277,49	5,5	\$ 6,67	\$ 4,45	\$ 1,11	\$ 77,88	\$ 7,79	\$ 826,46	\$ 7.394,84	\$ 924,35
E003	Camión con bomba de arrastre y brazo telescópico para H°	IVECO TRAKKER 8x4 - HILAND	USD 165.900,00	\$ 18.199.230,00	495	\$ 1.213,28	\$ 1.273,95	\$ 1.243,61	\$ 7.719,77	\$ 3.087,91	\$ 986,64	\$ 124.201,33	\$ 15.525,17
E004	Camión con hidrogrúa de 5,5 [T]	IVECO VERTIS	USD 70.310,00	\$ 7.713.007,00	180	\$ 617,04	\$ 555,34	\$ 234,48	\$ 2.245,75	\$ 898,30	\$ 986,64	\$ 44.300,39	\$ 5.537,55
E005	Camión mixer cap. 10 m3	IVECO TRAKKER 6x4	USD 94.800,00	\$ 10.399.560,00	430	\$ 779,97	\$ 727,97	\$ 452,38	\$ 6.706,07	\$ 2.682,43	\$ 986,64	\$ 98.683,61	\$ 12.335,45
E006	Camión con caja volcadora 20 m3	IVECO TRAKKER 8x4 - caja roquera BACO	USD 79.000,00	\$ 8.666.300,00	495	\$ 779,97	\$ 623,97	\$ 421,18	\$ 7.719,77	\$ 3.087,91	\$ 986,64	\$ 108.955,58	\$ 13.619,45
E008	Toyota Hilux 2.4 Cs Dx - cabina doble 4x4	Toyota Hilux	USD 46.809,08	\$ 5.134.956,08	148	\$ 410,80	\$ 369,72	\$ 78,05	\$ 1.846,51	\$ 738,60	\$ 986,64	\$ 35.442,54	\$ 4.430,32
E010	Cargadora frontal	Caterpillar 938 K	USD 110.600,00	\$ 12.132.820,00	188	\$ 808,85	\$ 1.444,91	\$ 225,38	\$ 2.931,95	\$ 1.759,17	\$ 986,64	\$ 65.255,27	\$ 8.156,91
E012	Compactador de rodillo liso	Caterpillar CS54 rodillo simple	USD 142.200,00	\$ 15.599.340,00	129	\$ 1.169,95	\$ 1.091,95	\$ 2.261,90	\$ 3.487,15	\$ 2.092,29	\$ 1.270,65	\$ 90.991,21	\$ 11.373,90
E013	Excavadora Hidráulica mediana	Caterpillar 320 D2L	USD 206.980,00	\$ 22.705.706,00	131	\$ 1.702,93	\$ 1.589,40	\$ 3.292,33	\$ 3.541,22	\$ 2.478,85	\$ 986,64	\$ 108.730,95	\$ 13.591,37
E016	Planta dosificadora de hormigón	Indumix PD 40	USD 395.000,00	\$ 43.331.500,00	10	\$ 2.166,58	\$ 2.888,77	\$ 2.527,67	\$ 270,32	\$ 108,13	\$ 986,64	\$ 71.584,85	\$ 8.948,11
E019	Retroexcavadora cargadora	Caterpillar 428 F2	USD 94.800,00	\$ 10.399.560,00	95	\$ 779,97	\$ 727,97	\$ 1.507,94	\$ 2.568,06	\$ 1.797,64	\$ 986,64	\$ 66.945,73	\$ 8.368,22
E022	Mini compactador vibratorio pata de cabra	Caterpillar CP 323C	USD 19.750,00	\$ 2.166.575,00	83	\$ 83,00	\$ 151,66	\$ 314,15	\$ 2.243,67	\$ 1.346,20	\$ 1.270,65	\$ 43.910,64	\$ 5.488,83
E023	Mini compactador vibratorio liso tandem	Caterpillar CB22	USD 14.220,00	\$ 1.559.934,00	33	\$ 117,00	\$ 109,20	\$ 226,19	\$ 584,10	\$ 350,46	\$ 986,64	\$ 18.988,67	\$ 2.373,58

4.5. Gastos generales.

PLANILLA DE GASTOS GENERALES					
1. GASTOS GENERALES AMORTIZABLES					
1.1	G.G. Directos (dependen del plazo de obra)	P. Unitario	Cant.	% Amort.	Costo/mes
a) Dirección, Conducción y Administración de Obra					
	Rep. técnico y jefe de obra (1 - 3% Monto de Obra)	\$ 16.293,50	1,00	100,00%	\$ 16.293,50
	Ing. laboral	\$ 52.000,00	1,00	50,00%	\$ 26.000,00
	Capataz General	\$ 105.464,00	1,00	50,00%	\$ 52.732,00
	Capataz de fase o especialidad	\$ 95.299,00	1,00	50,00%	\$ 47.649,50
	Administrativo	\$ 88.169,00	2,00	50,00%	\$ 88.169,00
b) Personal vario					
	Sereno de obra	\$ 55.066,00	2,00	50,00%	\$ 55.066,00
	Laboratorista	\$ 92.757,00	0,00	1,00%	\$ -
	Pañolero	\$ 53.414,24	1,00	10,00%	\$ 5.341,42
	Topógrafo	\$ 84.562,00	1,00	10,00%	\$ 8.456,20
	Ayudante topógrafo	\$ 68.379,00	1,00	10,00%	\$ 6.837,90
	Dibujante (cadista)	\$ 76.386,00	1,00	10,00%	\$ 7.638,60
	Ordenanza/limpieza oficinas	\$ 56.467,00	1,00	10,00%	\$ 5.646,70
c) Servicios					
	Telefonía fija	\$ 6.500,00	0,00	75,00%	\$ -
	Telefonía móvil	\$ 10.200,00	1,00	75,00%	\$ 7.650,00
	Servicio de internet 10 megas	\$ 3.800,00	1,00	100,00%	\$ 3.800,00
	Agua de obra	\$ 6.975,00	1,00	100,00%	\$ 6.975,00
	Gas en garrafas (tubo x 45 kg)	\$ 5.200,00	1,00	100,00%	\$ 5.200,00
	Energía Eléctrica	\$ 14.000,00	1,00	100,00%	\$ 14.000,00
d) Gastos Operativos Caja Chica (librería)					
	Encomiendas e insumos de oficina	\$ 5.300,00	1,00	20,00%	\$ 1.060,00
	Gastos bancarios	\$ 1.500,00	1,00	35,00%	\$ 525,00
	Medicamentos p/botiquín	\$ 1.800,00	1,00	60,00%	\$ 1.080,00
	Elementos de Limpieza	\$ 1.600,00	1,00	75,00%	\$ 1.200,00
e) Movilidad y Estadía					
	Alquiler predio obrador (aprox 45000 m ²) provisto por municipio	\$ -	0,00	100,00%	\$ -
	Hospedaje (Dirección y conducción de obra)	\$ -	0,00	100,00%	\$ -
	Hospedaje (Personal)	\$ -	0,00	100,00%	\$ -
	Pasajes	\$ -	0,00	100,00%	\$ -
	Comidas	\$ 2.100,00	24,00	100,00%	\$ 50.400,00
f) Costos de Móviles asignados a las obras					
	Camionetas	\$ 9.381.443,08	2,00	0,01%	\$ 1.876,29
	Patentes	\$ 4.500,00	2,00	5,00%	\$ 450,00
	Seguros	\$ 9.500,00	2,00	5,00%	\$ 950,00
	Combustibles y Lubricantes	\$ 230.000,00	1,00	4,00%	\$ 9.200,00
	Repuestos y Reparaciones	\$ 95.000,00	1,00	5,00%	\$ 4.750,00
g) Alquiler mensual de equipos					
	Modulo de sanitarios	\$ 3.385,00	1,00	50,00%	\$ 1.692,50
	Container para oficinas de 20 pies - 6,00 x 2,40 x 2,40 m	\$ 25.596,67	0,00	20,00%	\$ -
	Oficina para inspección	\$ 25.596,67	0,00	20,00%	\$ -
	Pañol de herramientas y materiales 6,20 x 2,30 m	\$ 500.000,00	1,00	1,00%	\$ 5.000,00
	Laboratorio	\$ 350.000,00	1,00	1,00%	\$ 3.500,00
	Comedor	\$ 8.258,30	0,00	1,00%	\$ -
	Casilla de vigilancia	\$ 7.150,00	0,00	8,00%	\$ -
h) Otros					
	Elementos de Limp. p/pers.	\$ 5.300,00	1,00	1,00%	\$ 53,00
	Seguridad de obrador y señalización de obra	\$ 8.500,00	1,00	1,00%	\$ 85,00
	Sub Total			(1)	\$ 439.277,61
	Número de Meses			(2)	2,100 meses
	Total (1) x (2)			(1) x (2) = (3)	\$ 922.482,98

1.2 G.G. Indirectos (no dependen del plazo de obra)		P. Unitario	Cant.	% Amort.	Sub total
a) Infraestructura (solo los mat. teniendo en cuenta su reaprovechamiento y los equipos propios teniendo en cuenta su amortización)					
Bomba de agua y equipo de extracción de agua - Torre tipo molino desarmable		\$ 60.498,00	1,00	1,00%	\$ 604,98
Computadoras		\$ 75.000,00	2,00	1,00%	\$ 1.500,00
Generador de emergencias Diesel 209 KVA para obrador		\$ 4.188.346,00	1,00	0,10%	\$ 4.188,35
Grupo Electrógeno chico para obra		\$ 194.717,50	2,00	0,50%	\$ 1.947,18
Artefactos (aire acon., heladera, cocina, etc)		\$ 132.000,00	3,00	0,50%	\$ 1.980,00
b) Equipos de Obrador (equipos propios cuya amortiz. no fue tenida en cuenta dentro de los anal. de costos)					
Dobladoras, sierra circular, taladro de banco		\$ 50.000,00	1,00	5,00%	\$ 2.500,00
Reflectores led de 200w		\$ 2.000,00	8,00	5,00%	\$ 800,00
Equipamiento topografía, instrumentos de laboratorio		\$ 1.500.000,00	1,00	1,00%	\$ 15.000,00
c) Herramientas					
Pala ancha, de punta, pico, cuchara, masa, canasto, balde, metro, carrilla, nivel, fratacho, grifia, tenaza, barreta, serrucho, etc.		\$ 100.000,00	1,00	5,00%	\$ 5.000,00
Total				(7)	\$ 33.520,50
2 2. GASTOS GENERALES NO AMORTIZABLES					
2.1		P. Unitario	Cant.	% Amort.	Sub total
a) Infraestructura no reutilizable para el Obrador					
No se considera obrador por estar dentro del predio de plantas		\$ -	0,00	0,00%	\$ -
b) Fletes					
Equipos pesados de construcción		\$ -	5,00	100,00%	\$ -
Herramientas y equipos menores		\$ 4.500,00	1,00	100,00%	\$ 4.500,00
Equipos de montaje		\$ 250.000,00	1,00	100,00%	\$ 250.000,00
c) Elementos para el personal obrero					
Campera buzo térmico, capa, guantes, camisa, pantalones, botín de seguridad, botas de goma, antiparras, protector auditivo, casco, chaleco reflectivo, etc.		\$ 1.599,61	36,00	1,00%	\$ 575,86
d) Elementos de seguridad					
Casco, antiparra, protector auditivo, cinturón de seguridad, máscara, etc.		\$ 1.619,90	29,00	1,00%	\$ 469,77
e) Estudios y Ensayos					
Agrimensura, ensayos de suelos y hormigón		\$ 12.000,00	1,00	25,00%	\$ 3.000,00
f) Asesoramiento					
Legal y Escribanía		\$ 21.996,13	1,00	100,00%	\$ 21.996,13
Impositivo y Económico		\$ 24.118,75	1,00	100,00%	\$ 24.118,75
Técnico		\$ 23.841,77	1,00	100,00%	\$ 23.841,77
g) Sellados, Seguros, Multas, Derecho y Garantía					
Sellado Contrato de Obra		\$ 10.319.214,32	0,00	0,10%	\$ -
Derechos Municipales		\$ 10.319.214,32	1,00	0,05%	\$ 5.159,61
Seguro de Resp. Civil (póliza por el 0,25% del monto asegurado del 30,00%)		\$ 3.095.764,30	1,00	0,25%	\$ 7.739,41
Garantía de ejecución de obra (2%)		\$ 10.319.214,32	0,00	2,00%	\$ -
Garantía de oferta (1%)		\$ 10.319.214,32	0,00	1,00%	\$ -
Mantenimiento y reparaciones durante el plazo de garantía (3% sobre el 5%)		\$ 10.319.214,32	0,00	3,00%	\$ -
Visado planos de obra		\$ 10.319.214,32	1,00	0,06%	\$ 6.191,53
Planos conforme a obra		\$ 10.319.214,32	1,00	0,05%	\$ 5.159,61
Total				(11)	\$ 352.752,43
Total Gastos Generales		(3)+(7)+(11)			\$ 1.308.755,91
Monto de Obra sin Coeficiente de Resumen		(Costo-Costo)			\$ 5.830.064,59
% Gastos Generales					22,45%

4.6. Coeficiente de resumen.

El coeficiente de resumen, coeficiente de paso o también conocido como *factor K*, se calcula como un índice compuesto de corrección a los valores calculados del costo de los materiales para obtener el valor presupuestable de cada rubro.

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE RESUMEN													
Mes base de cálculo:			mar-22										
(a-b-c) COSTO NETO			1,0000										
(d) GASTOS GENERALES DE LA EMPRESA	22,45%	de (1)	0,2245										
		SUB TOTAL (2)	1,2245										
(e) BENEFICIOS	10,00%	de (2)	0,1224										
		SUB-TOTAL (3)	1,3469										
(f) COSTOS FINANCIEROS	2,99%	de (3)	0,0299										
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Datos BNA Enero 2020 (*última fecha de actualización)</td> <td>Tasa Activa</td> <td style="text-align: right;">3,725%</td> </tr> <tr> <td>Tasa Pasiva</td> <td style="text-align: right;">2,259%</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td style="text-align: right;">2,990%</td> </tr> </table>				Datos BNA Enero 2020 (*última fecha de actualización)	Tasa Activa	3,725%	Tasa Pasiva	2,259%	Promedio	2,990%			
Datos BNA Enero 2020 (*última fecha de actualización)	Tasa Activa	3,725%											
	Tasa Pasiva	2,259%											
	Promedio	2,990%											
		SUB-TOTAL (4)	1,3768										
(g) IMPUESTOS	28,70%	de (4)	0,3952										
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>I.V.A.</td> <td style="text-align: right;">21,00%</td> </tr> <tr> <td>Ingresos Brutos</td> <td style="text-align: right;">1,60%</td> </tr> <tr> <td>Tasa Municipal</td> <td style="text-align: right;">1,90%</td> </tr> <tr> <td>Impuesto a los débitos y a los créditos</td> <td style="text-align: right;">1,20%</td> </tr> <tr> <td>Impuesto a las ganancias</td> <td style="text-align: right;">3,00%</td> </tr> </table>				I.V.A.	21,00%	Ingresos Brutos	1,60%	Tasa Municipal	1,90%	Impuesto a los débitos y a los créditos	1,20%	Impuesto a las ganancias	3,00%
I.V.A.	21,00%												
Ingresos Brutos	1,60%												
Tasa Municipal	1,90%												
Impuesto a los débitos y a los créditos	1,20%												
Impuesto a las ganancias	3,00%												
TOTAL COEFICIENTE DE RESUMEN (C.R.) = (4) + (g)			1,77										
Coeficiente de resumen adoptado			77,00%										

4.7. Presupuesto.

El monto de obra definitivo es de *Pesos Diez Millones, Trescientos Diecinueve Mil, Doscientos Catorce Mil, con 32/100 ctvs. (\$10.319.214,32)*.

RESUMEN PRESUPUESTO						
Item N°	Descripción	Un.	Cantidad	Costo Parcial (\$)	P. Total (\$)	Incidencia (%)
1.	Trabajos preliminares	Gl.	1,00	\$ 7.756,50	\$ 13.729,00	0,13%
2.	Movimiento de suelos	m3	126,82	\$ 75.641,30	\$ 133.885,09	1,30%
3.	Hormigón armado	m3	86,77	\$ 3.785.153,91	\$ 6.699.722,43	64,92%
4.	Filtro lento de arena	Un.	1,00	\$ 38.711,82	\$ 68.519,91	0,66%
5.	Veredas perimetrales	Gl.	1,00	\$ 136.762,20	\$ 242.069,09	2,35%
6.	Sistemas adicionales	Gl.	1,00	\$ 1.786.038,87	\$ 3.161.288,80	30,63%
				PRECIO TOTAL= \$ 10.319.214,32	100,00%	
<i>Son Pesos Diez Millones, Trescientos Diecinueve Mil, Doscientos Catorce, con 32/100 ctvs.-</i>						

El presupuesto oficial se determinó mediante cómputo de los trabajos a realizar y del correspondiente análisis de precios de cada ítem, cálculo el cual se adjunta en el Anexo I – Detalle de cálculo.

PLANILLA DE PRESUPUESTO									
<i>Obra: Propuesta de un sistema de tratamiento de agua residual para su aplicación en plantas elaboradoras de hormigón</i>									
Item N°	Descripción	Un.	Cantidad	Costo Unitario (\$/Un)	Costo Parcial (\$)	P. Unitario (\$/Un)	P. Parcial (\$)	P. Total (\$)	Incidencia (%)
1.	Trabajos preliminares	Gl.	1,00		\$ 7.756,50			\$ 13.729,00	0,13%
1.1.	Limpieza, desmalezado y desbroce zona de obra	Gl.	1,00	\$ 7.756,50	\$ 7.756,50	\$ 13.729,00	\$ 13.729,00		0,13%
2.	Movimiento de suelos	m ³	126,82		\$ 75.641,30			\$ 133.885,09	1,30%
2.1	Excavación y retiro de suelo natural	m ³	126,82	\$ 596,45	\$ 75.641,30	\$ 1.055,72	\$ 133.885,09		1,30%
3.	Hormigón armado	m ³	86,77		\$ 3.785.153,91			\$ 6.699.722,43	64,92%
3.1.	Hormigón de limpieza, tipo H15	m ³	31,66	\$ 11.262,02	\$ 356.532,97	\$ 19.933,77	\$ 631.063,35		6,12%
3.2.	Hormigón vigas de fundación; tipo H-30 con CAH	m ³	17,98	\$ 59.622,00	\$ 1.072.003,62	\$ 105.530,95	\$ 1.897.446,41		18,39%
3.3.	Hormigón losa de fondo; tipo H-30 con CAH	m ³	18,99	\$ 48.935,41	\$ 929.381,24	\$ 86.615,67	\$ 1.645.004,80		15,94%
3.4.	Hormigón tabiques laterales; tipo H-30 con CAH	m ³	18,14	\$ 71.004,83	\$ 1.288.027,58	\$ 125.678,55	\$ 2.279.808,81		22,09%
3.5.	Provisión y colocación membrana elástica waterstop	Un.	4,00	\$ 34.802,13	\$ 139.208,51	\$ 61.599,76	\$ 246.399,05		2,39%
4.	Filtro lento de arena	Un.	1,00		\$ 38.711,82			\$ 68.519,91	0,66%
4.1.	Preparación y armado de filtro	Un.	1,00	\$ 38.711,82	\$ 38.711,82	\$ 68.519,91	\$ 68.519,91		0,66%
5.	Veredas perimetrales	Gl.	1,00		\$ 136.762,20			\$ 242.069,09	2,35%
5.1.	Contrapiso hormigón tipo H-15; espesor e=12 cm	m ³	6,41	\$ 10.810,39	\$ 69.251,85	\$ 19.134,40	\$ 122.575,78		1,19%
5.2.	Escaleras y barandas perimetrales	Gl.	1,00	\$ 67.510,34	\$ 67.510,34	\$ 119.493,31	\$ 119.493,31		1,16%
6.	Sistemas adicionales	Gl.	1,00		\$ 1.786.038,87			\$ 3.161.288,80	30,63%
6.1.	Sistema de bombas hidráulicas + cañerías de impulsión	Gl.	1,00	\$ 874.633,70	\$ 874.633,70	\$ 1.548.101,65	\$ 1.548.101,65		15,00%
6.2.	Tanque de almacenamiento	Gl.	1,00	\$ 346.871,84	\$ 346.871,84	\$ 613.963,16	\$ 613.963,16		5,95%
6.3.	Tolva + sinfin de separación de agregados	Gl.	1,00	\$ 564.533,32	\$ 564.533,32	\$ 999.223,98	\$ 999.223,98		9,68%
				Costo Total=	\$ 5.830.064,59				
						PRECIO TOTAL = \$ 10.319.214,32		100%	
<i>Son Pesos Diez Millones, Trescientos Diecinueve Mil, Doscientos Catorce, con 32/100 ctvs.-</i>									

Capítulo V

Plan de trabajo

La programación de los trabajos establece las secuencias operativas a llevarse a cabo y los recursos que implican. La programación debe concebirse de acuerdo a una estructura jerárquica de resultados, que permite la posibilidad de representar toda la información con un conjunto pequeño de datos e ir ampliando en la medida de la necesidad de cada uno de los factores implicados en la obra. Un plan de trabajo contiene:

- Programa de proyecto.
- Definición de armado y la secuencia conceptual de la obra en su totalidad y en particular.
- Calendarios de entregas parciales y totales (estimación de certificaciones).
- Estructura de desglose de tareas.
- Planificación de tarea de proyecto de arquitectura e ingeniería (documentación), discriminando las distintas etapas a entregar al comitente y a los asesores.
- Planificación y programación de la obra.
- Planificación de obras y montajes.
- Planificación de contratos, compras y abastecimientos, de obra y del Comitente.
- Planificación de tareas propias del Comitente.
- Planificación de tramitaciones.
- Planificación de obradores, canteras, espacios para almacenamiento y sistemas logísticos.
- Planificación de desactivación de obra.
- Detalle de recursos físicos por resultado y tarea.
- Listado de tareas, particularizados para cada gremio.
- Listados de Contrataciones, particularizado para cada contrato, por área y especialidades.
- Presupuestos generales y desglosados.
- Planificación económica y curvas de inversión, en base a información acordada con el comitente.
- Curvas de avance.

A los fines prácticos del presente trabajo solo se presenta la planificación y programación de las tareas correspondientes a la ejecución de la obra, en los tiempos y porcentajes de avances estipulados de acuerdo a los rendimientos calculados de manera mensual, desglosando un avance de obra en porcentaje de ejecución, considerando además la posibilidad de solicitar un anticipo financiero el cual se verá en los capítulos siguientes, con el objetivo de observar la necesidad de contar con el cupo adecuado que posibilite el inicio y correcta ejecución de la obra, o bien para la compra de materiales cuyo objeto es congelar una parte del precio y evitar así el pago de reajustes sobre esa parte del precio anticipado. La ejecución de una obra obliga a la Empresa a la inversión de un capital, distribuido a lo largo de un determinado intervalo de tiempo. Este intervalo no coincide con el plazo de ejecución de la obra, sino que se inicia antes de la fecha de comienzo (estudio de la obra, oferta, trabajos, preliminares, etc.) y finaliza después de la fecha de terminación de la obra, pudiéndose prolongar hasta la fecha de la recepción definitiva.

5.1. Estimación de días efectivos de trabajo.

Se realizó un análisis de las características climatológicas del lugar de emplazamiento a los fines de poder cuantificar de manera aproximada los días laborales de ejecución de la obra, para luego poder programar las tareas a ejecutar, previendo la incidencia de variables tales como lluvias intermitentes, inundaciones, probabilidades de tormentas, variaciones significativas de temperatura, exceso de humedad entre otros. Los datos consignados a continuación fueron extraídos de boletines oficiales del Servicio Meteorológico Nacional y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Estación Experimental Concordia (INTA-EEAC).

De acuerdo con lo mencionado por Ramos et. al.⁵⁰, según la clasificación de Köppen-Geiger y el régimen termo pluviométrico de Concordia, dicha región se corresponde con el clima templado cálido (subtropical) sin estación seca, designado como “Cfa”.

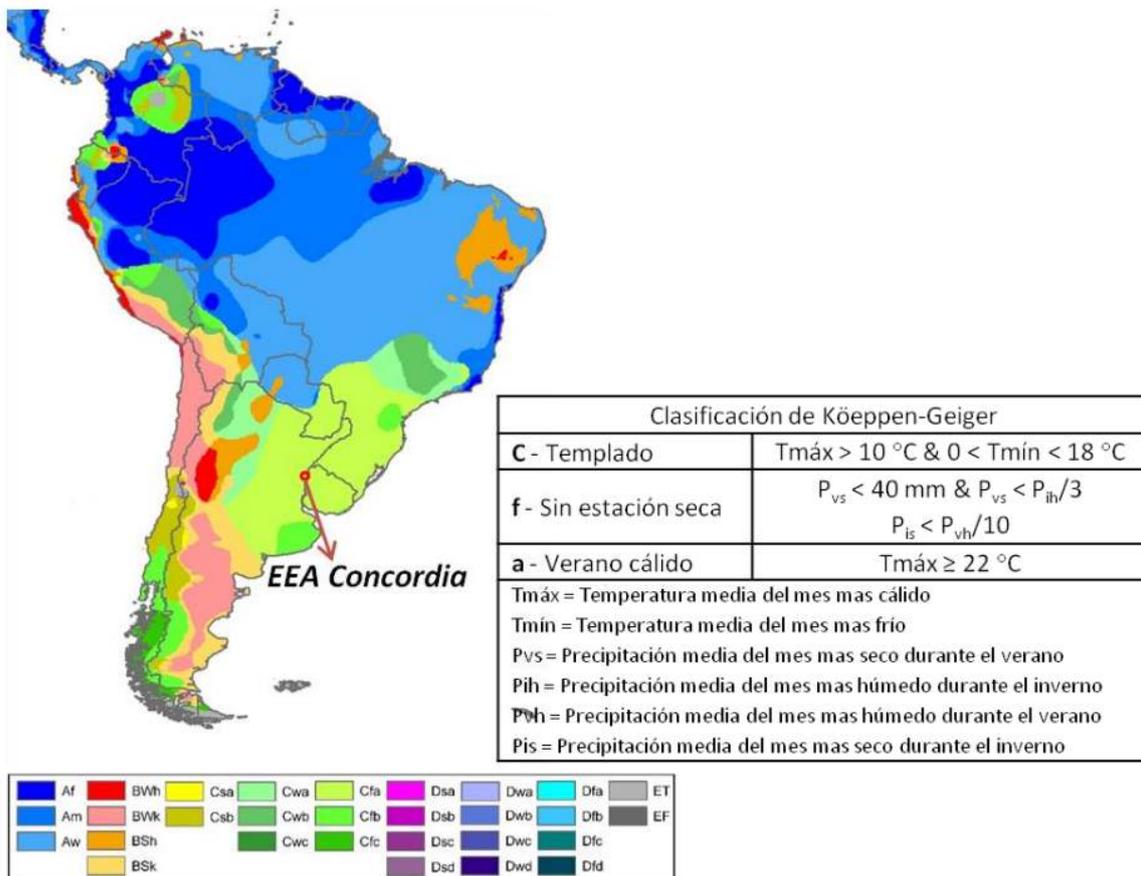


Imagen 35. Clasificación de Köppen-Geiger. (adaptada de Peel et al, 2007 (9)).

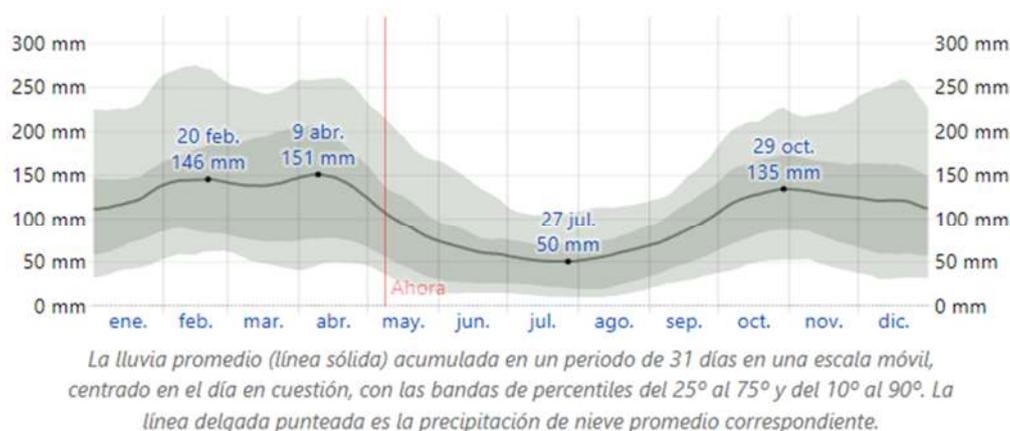
En general los veranos son calurosos con elevados niveles de humedad, con una temperatura media anual de 18,7 °C (condicionante de tareas como el hormigonado), mientras que los inviernos son más frescos y templados, particularmente se evidencian días parcialmente nublados durante aproximadamente todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 8 °C a 32 °C y con menos frecuencia se pueden registrar descensos a menos de 1 °C o ascensos a más de 37 °C. Según estimaciones del INTA-EEAC, el aporte pluvial devuelve al sistema una cantidad de líquido equivalente a la que se evapora, cálculo que subraya su notable influencia climática.

La temporada calurosa dura aproximadamente 3,2 meses, desde fines de noviembre a principios de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es mayor a 29 °C. El día más caluroso del año se registra generalmente a comienzos del mes de enero, con una temperatura máxima promedio de 32 °C y una temperatura mínima promedio de 20 °C. La temporada fría tiene una duración aproximada de 3 meses, desde inicios del mes de mayo a mediados del mes de agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menor a 20 °C. El día más frío del año se registra generalmente a mediados del mes de julio, con una temperatura mínima promedio de 8 °C y una máxima promedio de 18 °C.

La temporada más húmeda dura aproximadamente 6,9 meses, desde fines de septiembre a fines de abril, con una probabilidad de más del 28% de que determinado día resulte en un día mojado y/o húmedo. La probabilidad máxima de un día húmedo es del 42 % para el mes de febrero. La temporada más seca dura aproximadamente 5,1 meses, desde los meses de mayo a septiembre respectivamente. La probabilidad mínima de un día húmedo es del 17 % para el mes de julio. Una de las características importantes de la ciudad de Concordia es la no existencia de una estación seca, lo que contrasta con la mayor parte del país.



Gráfica 13. Probabilidad diaria de precipitación en Concordia.



Gráfica 14. Promedio mensual de lluvia en Concordia.

Entre los días mojados, se distinguen aquellos que presentan solamente lluvia, solamente granizo o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 38 % para el mes de febrero, con un promedio de 10,1 días.

Para graficar la variación de precipitación durante un mes y no solamente los totales mensuales, se muestra la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. La ciudad de Concordia tiene una variación considerable de lluvia mensual por estación. El mes con más lluvia en Concordia es febrero, con un promedio de 148,5 [mm].

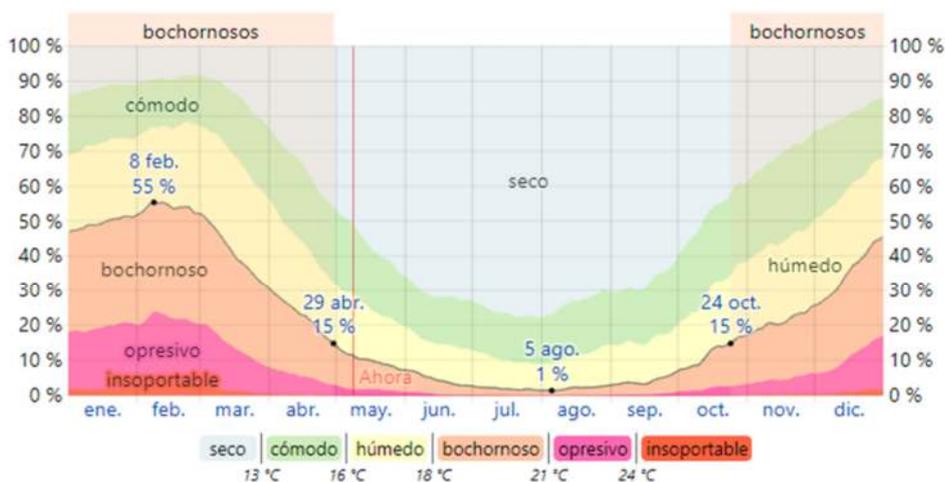
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO
TEMP. MEDIA °C	25,3	24,2	22,3	18,7	15,5	12,6	12,5	14	15,7	18,6	21,1	23,9	18,7
PRECIPITACION mm	128	148,5	140,8	146,5	105,2	79,5	61,7	70,2	96,7	141,7	135,8	127	1372,9
TEMP. MAXIMA °C	31,9	30,3	28,3	24,5	20,8	17,8	18,0	20,0	21,8	24,7	27,5	30,5	24,8
TEMP. MINIMA °C	18,8	18,3	16,2	12,9	10,0	7,5	7,1	8,0	9,5	12,6	14,7	17,2	12,8
MAX. ABSOLUTA	41,4	41,3	40,2	35,1	33,2	30,9	31,9	35,7	38,3	38,5	39,2	41,4	41,4
MINIMA ABSOLUTA	8,4	6,8	5,5	-0,4	-2,9	-5,1	-4,8	-4,2	-2,4	-0,4	2,4	6,0	-5,1
TEMP. PUNTO ROCIO °C	19,8	19,8	18,0	15,4	13,0	10,2	10,0	10,4	12,0	14,7	16,4	18,3	14,8
HUMEDAD RELATIVA %	67,5	74,1	76,0	78,8	82,8	82,9	81,3	76,9	73,5	72,9	69,9	66,0	75,2
TENSION VAPOR hPa	23,5	23,4	21,6	18,0	15,6	13,1	13,2	13,5	14,9	17,4	19,2	21,6	17,9
T. MINIMA A 5 °C	16,8	16,1	13,8	10,0	7,8	4,9	4,0	4,8	6,6	9,3	11,9	14,7	10,1
HELIOF. EFECTIVA hs	9,3	8,1	7,7	6,7	5,5	4,8	5,4	6,0	6,7	7,5	8,7	9,2	7,1
HELIOF. RELATIVA %	66,3	60,9	62,8	58,9	52,3	46,8	52,2	54,2	56,4	58,3	63,1	65,0	58,1
V.VIENTO a 10m km/h	6,5	5,9	5,7	5,4	5,2	5,6	6,0	6,7	7,5	7,0	7,2	6,5	6,3
V.VIENTO a 2m km/h	5,4	5,0	4,8	4,5	4,4	4,7	5,0	5,5	6,2	5,8	5,9	5,5	5,2
RAD. GLOBAL MJ/m2	23,8	20,5	17,7	13,5	9,8	8,0	9,1	11,6	15,1	18,8	22,4	24,0	16,2
EVAPOT. POTENCIAL mm	166	124,1	107,5	64,3	36,1	23,8	28,9	47,6	72,5	106,3	135,2	161,1	1073,3
GRADOS DIA > 10°C	475,0	400,7	388,0	265,6	178,2	103,7	104,2	133,2	177,5	269,4	332,0	426,6	3254,1
COCIENTE FOTOTERMICO	1,2	1,1	1,0	1,0	1,5	3,7	6,1	2,8	1,7	1,5	1,4	1,3	2,0
FRECUENCIA HELADAS	0	0	0	0	0,4	2,3	3,7	1,7	0,5	0	0	0	8,6
HORAS de FRIO < 7°C	0,0	0,0	0,1	7,6	52,2	123,0	150,9	99,8	43,6	6,4	0,9	0,0	484,4

Tabla 28. Valores mensuales de los principales parámetros meteorológicos en Concordia INTA EEAC.

La duración del día en Concordia varía considerablemente durante el año. En 2021, el día más corto registrado fue el 21 de junio, con 10 horas y 6 minutos de luz natural (se debe recordar que se estima la posibilidad de trabajar durante 8 horas diarias para la ejecución de la obra); el día más largo registrado en general para cada año se da para el día 21 de diciembre, con 14 horas y 12 minutos de luz natural. La salida del sol más temprana se registra en promedio a las 5:40 a.m. a principios de diciembre, y la salida del sol más tardía se registra en promedio a las 7:51 a.m. a principios del mes de julio. La puesta del sol más temprana registrada en promedio es a las 17:55 p.m. correspondiente al mes de junio, y la puesta del sol más tardía se registra a las 20:00 p.m. para el mes de enero.

Basado el nivel de comodidad de la humedad respecto al punto de rocío, se evidencia que cuando los valores de punto de rocío resultan más bajos se siente un clima mayormente seco y cuando éstos son altos se siente un clima más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche también resulta húmeda. Motivo por el cual se establece que en la ciudad de Concordia la humedad percibida durante un día varía extremadamente.

El período más húmedo del año dura aproximadamente 6,2 meses, desde octubre a abril, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es “bochornoso”, “opresivo” o “insoportable” por lo menos durante el 15 % del tiempo. El día más húmedo del año se registra en enero, con presencia de humedad el 55 % del tiempo, el menos húmedo del año se registra en julio, con condiciones húmedas el 3 % del tiempo.



El porcentaje de tiempo pasado en varios niveles de comodidad de humedad, categorizado por el punto de rocío.

Gráfica 15. Niveles de comodidad de la humedad en Concordia.

Conclusiones:

En base a estos datos se estima que las épocas y/o periodos de clima óptimos durante un año para realizar las diferentes actividades para la ejecución de la obra, son aquellas que presentan días despejados y sin lluvias, especialmente para la ejecución de las tareas de hormigonado, previendo evitar periodos de intensa precipitación, con temperaturas que rondan los 18°C a 27°C como rango óptimo para tareas de hormigonado. Motivo por el cual el periodo de mayor optimización del tiempo será desde principios de junio hasta mediados de agosto, meses en los cuales se deberían proyectar las actividades de construcción de las estructuras de hormigón puntualmente; y desde inicios de septiembre hasta finales de mayo se tendrán los meses con mayores retrasos debido a inclemencias climáticas, supeditando a dichos meses aquellas tareas que no presenten alguna demora respecto a la ejecución de la obra en general. Los días de mayor optimización favorece a días despejados, sin lluvia, con temperaturas percibidas entre 24 °C y 32 °C. En base a ello, la mejor época del año para ejecutar las tareas durante clima óptimo y/o agradable será desde mediados de junio hasta finales de agosto, especialmente en el mes de julio.

Se prevé que el inicio de obra sea a partir de la primera semana de junio, específicamente el miércoles 1 de julio de 2022 y con fecha estimada de finalización de obra en función del plazo de ejecución contractual de 90 días corridos, el día jueves 4 de agosto del 2022, siendo éste un plazo teórico.

De acuerdo al calendario se tendrán para dicho periodo teórico 13 domingos, 4 feriados nacionales dentro de los cuales se tienen 1 días no laborable (incluidos feriados locales). Se tendrán 5 días perdidos por lluvias y 6 días por condiciones desfavorables posteriores a éstas últimas. Lo que acumula un total de 27 días de perdida previstos. Resultando solo 64 días efectivos de los 90 días dispuestos por tiempos constructivos, que surgen del análisis del rendimiento de ejecución de obra, esto considerando a su vez, en el tiempo de clima óptimo de realización de la obra para la ciudad de Concordia.

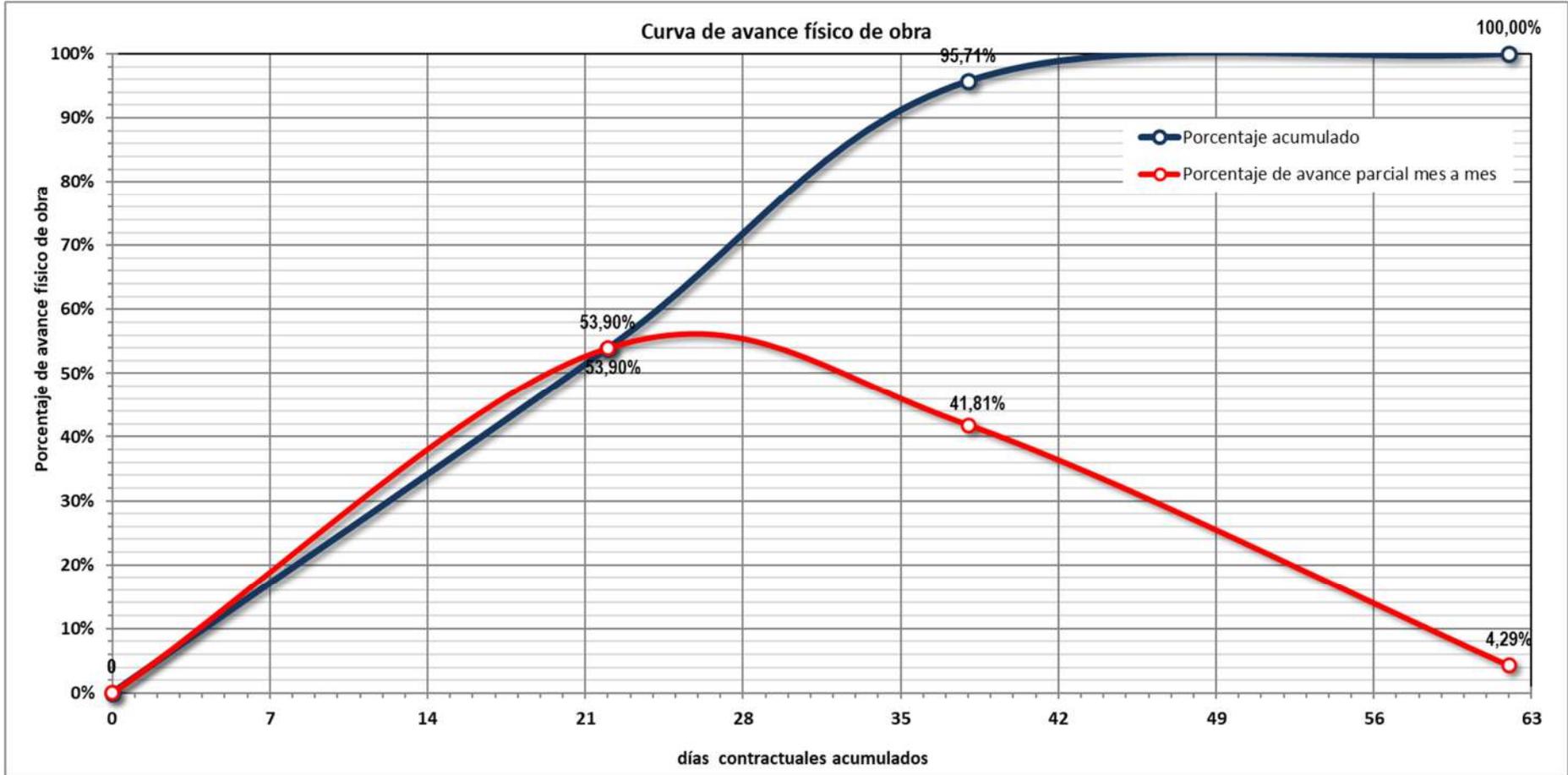
Se establece además jornadas laborales de 8 horas por día, de lunes a viernes, con la posibilidad de trabajar 1 día o feriados no laborable. De esta manera el total de horas efectivas para la ejecución de los trabajos asciende a la cantidad de 512 horas. Se deberá prever la solicitud de prórroga y/o ampliación del plazo contractual por días de lluvia y días no efectivizados por condiciones adversas.

ESTIMACIÓN DE DÍAS EFECTIVOS DE TRABAJO			
Inicio de obra	1/6/2022	Fin de obra teórico	4/8/2022
Plazo de obra (días corridos)			90 días
Domingos			13 días
Feriados nacionales			3 días
Feriados nacionales no laborables (que se pueden trabajar)			1 días
Días perdidos por inundaciones, lluvia y exceso de humedad			11 días
Horas de trabajo por día (de lunes a viernes)			8 horas/día
DÍAS DE TRABAJO TOTAL:			64 días
HORAS DE TRABAJO TOTAL:			512 horas

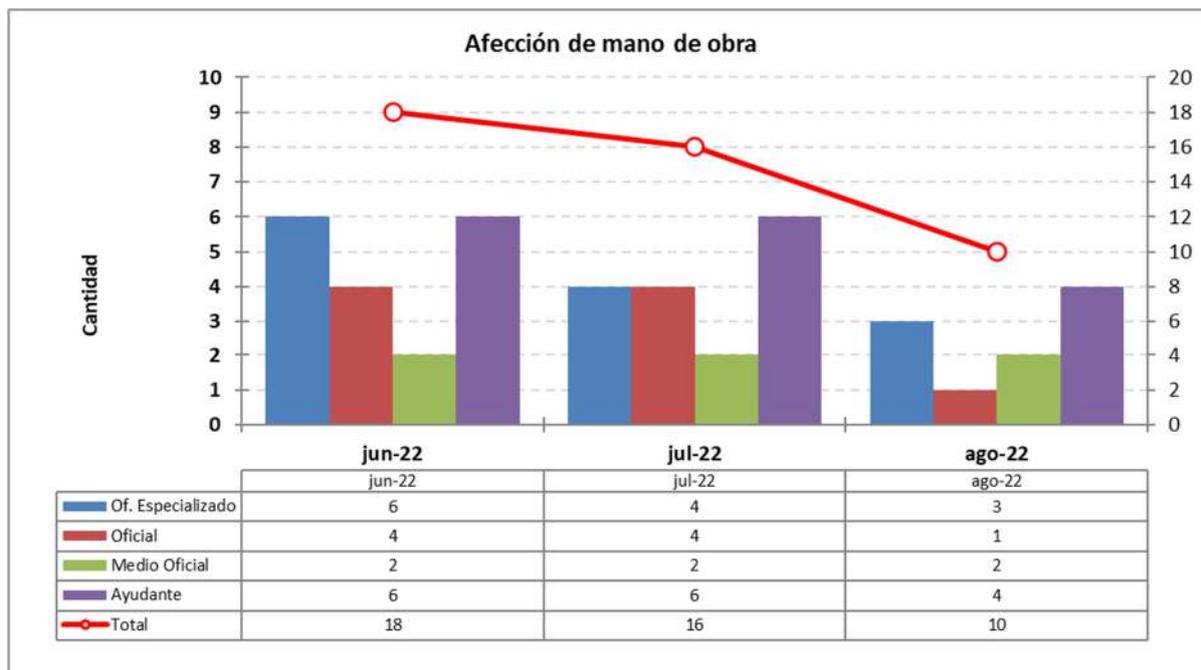
5.2. Programa de avance físico mensual de obra.

PLAN DE TRABAJOS EN PORCENTAJE DE AVANCE									
Obra: Propuesta de un sistema de tratamiento de agua residual para su aplicación en plantas elaboradoras de hormigón									
Item N°	Descripción	Un.	Cantidad	Precio	Incidencia (%)	MESES			
						Verific	jun-22	jul-22	ago-22
1.	Trabajos preliminares	Gl.	1,00	\$ 13.729,00	0,13%	0,13%	0,13%		
1.1.	Limpieza, desmalezado y desbroce zona de obra	Gl.	1,00	\$ 13.729,00	0,13%	0,13%	0,13%		
							100,00%		
2.	Movimiento de suelos	m3	126,82	\$ 133.885,09	1,30%	1,30%	1,30%		
2.1	Excavación y retiro de suelo natural	m3	126,82	\$ 133.885,09	1,30%	1,30%	1,30%		
							100,00%		
3.	Hormigón armado	m3	86,77	\$ 6.699.722,43	64,92%	52,30%	52,30%		
3.1.	Hormigón de limpieza, tipo H15	m3	31,66	\$ 631.063,35	6,12%	6,12%	6,12%		
							100,00%		
3.2.	Hormigón vigas de fundación; tipo H-30 con CAH	m3	17,98	\$ 1.897.446,41	18,39%	18,39%	18,39%		
							100,00%		
3.3.	Hormigón losa de fondo; tipo H-30 con CAH	m3	18,99	\$ 1.645.004,80	15,94%	15,94%	15,94%		
							100,00%		
3.4.	Hormigón tabiques laterales; tipo H-30 con CAH	m3	18,14	\$ 2.279.808,81	22,09%	22,09%	9,47%	12,62%	
							42,86%	57,14%	
3.5.	Provisión y colocación membrana elástica waterstop	Un.	4,00	\$ 246.399,05	2,39%	2,39%	2,39%		
							100,00%		
4.	Filtro lento de arena	Un.	1,00	\$ 68.519,91	0,66%	0,66%		0,66%	
4.1.	Preparación y armado de filtro	Un.	1,00	\$ 68.519,91	0,66%	0,66%		0,66%	
								100,00%	
5.	Veredas perimetrales	Gl.	1,00	\$ 242.069,09	2,35%	2,35%	0,17%	2,18%	
5.1.	Contrapiso hormigón tipo H-15; espesor e=12 cm	m3	6,41	\$ 122.575,78	1,19%	1,19%	0,17%	1,02%	
							14,29%	85,71%	
5.2.	Escaleras y barandas perimetrales	Gl.	1,00	\$ 119.493,31	1,16%	1,16%		1,16%	
								100,00%	
6.	Sistemas adicionales	Gl.	1,00	\$ 3.161.288,80	30,63%	30,63%		26,35%	4,29%
6.1.	Sistema de bombas hidráulicas + cañerías de impulsión	Gl.	1,00	\$ 1.548.101,65	15,00%	15,00%		10,72%	4,29%
								71,43%	28,57%
6.2.	Tanque de almacenamiento	Gl.	1,00	\$ 613.963,16	5,95%	5,95%		5,95%	
								100,00%	
6.3.	Tolva + sinfin de separación de agregados	Gl.	1,00	\$ 999.223,98	9,68%	9,68%		9,68%	
								100,00%	
Total:				\$ 10.319.214,32	100,00%				
						MESES			
						MES DE INICIO	jun-22	jul-22	ago-22
						Días acumulados	0,00	22	38
						Parcial (%)	0	53,90%	41,81%
						Acumulado (%)	0	53,90%	95,71%
						AVANCE FÍSICO			

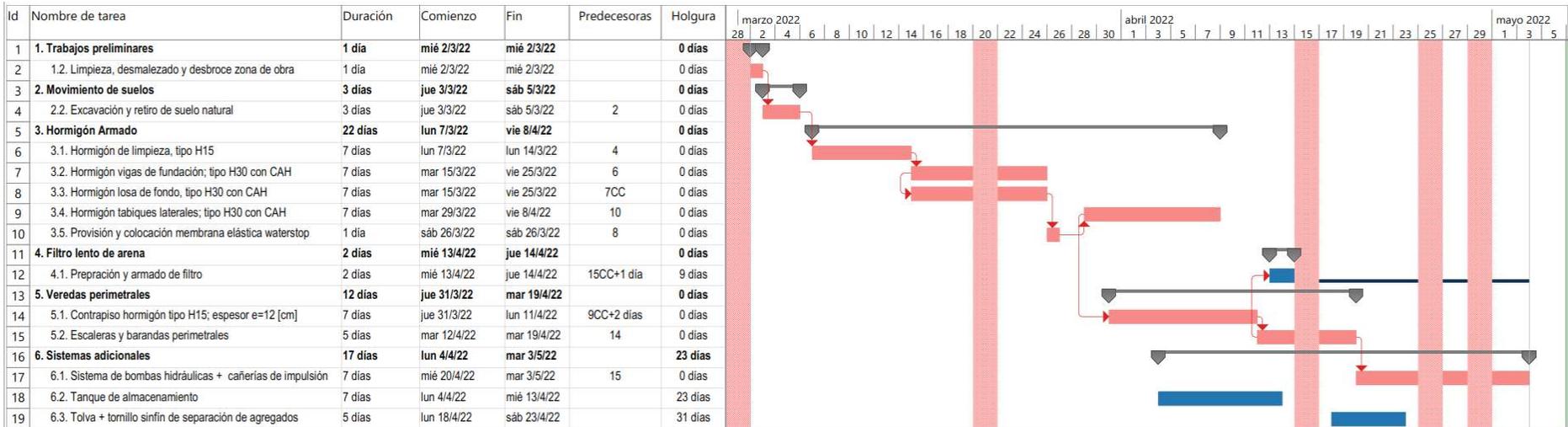
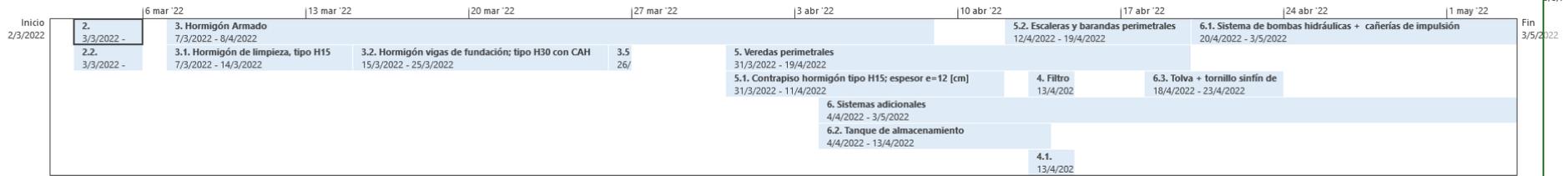
5.3. Curva de avance físico.



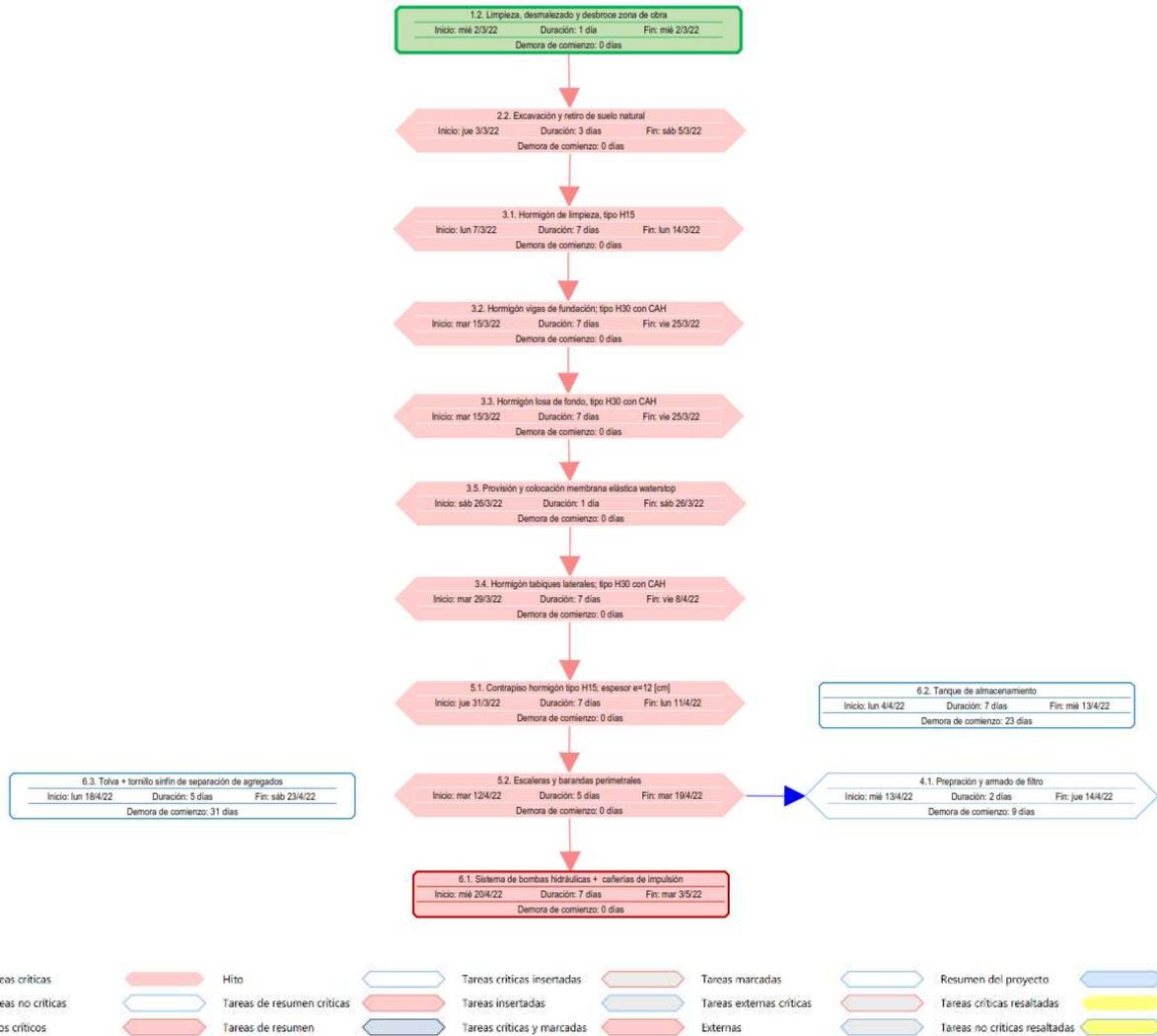
5.4. Afección de mano de obra mensual.



5.5. Diagrama de Gantt en meses.



5.6. Camino crítico.



Capítulo VI

Estudio de impacto

6.1. Introducción.

Tal como lo menciona Maffei J.M. et al.⁵⁶, en su análisis de impacto para una obra vial, se puede definir al impacto, como la modificación neta, tanto positiva como negativa, de las condiciones, calidad o aptitud del ambiente producida por una acción, proyecto u obra. Es decir, se trata de la diferencia entre la situación futura del ambiente modificado como consecuencia de la realización de un proyecto, y la situación futura del ambiente tal como habría evolucionado normalmente sin tal actuación.

Los principales factores que se consideran en un estudio de impacto ambiental son:

- La salud, la seguridad y el bienestar de la población.
- Las actividades socioeconómicas.
- Los ecosistemas.
- Las condiciones estéticas y sanitarias del ambiente.
- La calidad de los recursos naturales.

Con una mirada holística de la problemática, si bien se reconoce que toda actividad humana genera efectos sobre el ambiente, solamente algunos de ellos se consideran significativos como considerarlos o tratarlos como impactos ambientales.

Como antecedente, el más notorio y de particular relevancia, implementado hace más de una década en la República Argentina, es la elaboración del “Manual de Evaluación y Gestión Ambiental de obras viales⁵¹” denominado en forma abreviada “MEGA II”, el cual refleja la política ambiental de la Nación y de la D.N.V., evidenciado por la evolución de la sociedad a través de las instituciones y el marco legal, en especial como consecuencia de la Reforma de la Constitución Nacional de 1994.

Este nuevo escenario, junto con los avances tecnológicos, institucionales y la experiencia acumulada durante más de 10 años, ha determinado la necesidad de fortalecer las herramientas de gestión, en este caso particular, de la Dirección Nacional de Vialidad, perteneciente a la Secretaría de Obras Públicas del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios de la República Argentina, en los aspectos ambientales, como un aporte relevante al desarrollo sustentable en el país”.

Además, la Ley General del Ambiente N.º 25.675 establece los “presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable”, definiendo los principales objetivos que deber cumplir la política ambiental nacional. El procedimiento de Evaluación de

Impacto Ambiental (EIA) ha sido incorporado como instrumento de política y de gestión ambiental en el artículo 8° de dicha ley, estableciendo sus respectivos presupuestos mínimos de protección ambiental en los artículos 11°, 12° y 13°.

ARTÍCULO 11.
Toda obra o actividad que, en el territorio de la Nación, sea susceptible de degradar el ambiente, alguno de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población, en forma significativa, estará sujeta a un procedimiento de evaluación de impacto ambiental, previo a su ejecución,
ARTÍCULO 12.
Las personas físicas o jurídicas darán inicio al procedimiento con la presentación de una declaración jurada, en la que se manifieste si las obras o actividades afectarán el ambiente. Las autoridades competentes determinarán la presentación de un estudio de impacto ambiental, cuyos requerimientos estarán detallados en ley particular y, en consecuencia, deberán realizar una evaluación de impacto ambiental y emitir una declaración de impacto ambiental en la que se manifieste la aprobación o rechazo de los estudios presentados.
ARTÍCULO 13.
<i>“Los estudios de impacto ambiental deberán contener, como mínimo, una descripción detallada del proyecto de la obra o actividad a realizar, la identificación de las consecuencias sobre el ambiente, y las acciones destinadas a mitigar los efectos negativos”.</i>

En lo particular, referido al presente proyecto el estudio de impacto tiene por finalidad la evaluación de los cambios potenciales que la concreción de la obra podría inducir en el área de influencia, en relación a las condiciones ambientales actuales del sector donde se prevé intervenir.

Si se consideran los niveles de antropización del área de influencia, los mismos resultan en valores relativamente bajos, puesto que se supone la intervención en plantas elaboradoras ya instaladas, las cuales en general poseen un nivel de intervención avanzado en el ambiente, con sus respectivas obras de saneamiento, instalaciones y vías de circulación o parques cerrados. En ese marco de intervención, las condiciones de tratamiento de los efluentes de la industria mejorarían significativamente.

Así mismo las condiciones ambientales del “micro-área” donde se encuentra emplazada la obra, permanecerían sin cambios desfavorables, con la consecuente generación de impactos positivos por la mejora de las zonas de limpieza y tratamiento de efluentes.

Por último, al generar alternativas favorables a la producción, con la introducción del valor agregado a la cadena de fabricación de hormigón elaborado, las actividades sociales y comerciales también obtendrían beneficios. Los principales impactos positivos del plan propuesto están asociados a los aspectos sociales y económicos de la zona de intervención directa de la obra. En relación a los primeros, se deben considerar todos los impactos asociados a la seguridad de la vida humana, en especial debido a la circulación de maquinaria pesada en zonas urbanas. En relación a los impactos ambientales ligados a los componentes bióticos y abióticos del sistema natural, tales como suelo, agua, aire adquieren importancia en la interacción con la población y la producción existente. Los principales impactos en relación a la calidad del aire son generados por el funcionamiento de las maquinarias y equipos durante la construcción, las emisiones de gases y el ruido asociado.

6.2. Objetivos del procedimiento de E.I.A. del proyecto.

El objetivo general de la evaluación de impacto ambiental del proyecto, es cuantificar y cualificar el impacto que genera la actividad de la industria del hormigón elaborado por medio de sus efluentes producto del lavado. En base a ello, a través del proyecto propuesto, se plantea el escenario de mitigación de impactos, mediante la disminución de los volúmenes de efluentes generados o al menos controlarlos.

Para el caso puntual del presente proyecto, la zona de implantación de la obra, se ubica en el Parque Industrial de la ciudad de Concordia, con incidencia en los alrededores y en la cuenca inmediata el arroyo Yuquerí Chico. De ello se desprenden dos objetivos particulares del estudio de impacto ambiental del proyecto; el primero se trata de la mejora de las condiciones sanitarias del sector del parque industrial y el segundo es el tratamiento de los efluentes de la industria volcados a la cuenca del arroyo antes mencionado.

6.3. Marco regulatorio.

El análisis presente, se desarrolla en el marco del Decreto N°4977/09 Gob., el cual sanciona la reglamentación de los estudios de impacto ambiental, para la planificación estratégica de la localización de actividades y emprendimientos en territorio de la provincia de Entre Ríos.

Leyes de aplicación vigente de impacto ambiental:

- i. Ley Nacional N.º 25675 “Ley general del ambiente”.
- ii. Decreto Provincial N.º 3237/10 “Modificaciones del decreto N°4977/09).
- iii. Decreto Provincial N.º 3498/16 Gob.
- iv. Resolución Provincial N.º 038/10 SA.
- v. Resolución Provincial N.º 504/12.
- vi. Resolución Provincial N.º 2180/21.
- vii. Resolución Provincial N.º 2185/21.

Leyes de aplicación vigente regulatorias de la actividad industrial:

- i. Ley Provincial N.º 6260 “Leyes de aplicación vigente nacionales y provinciales de impacto ambiental”.

Leyes de aplicación vigente regulatorias de los residuos industriales:

- i. Ley Nacional N.º 25612 “Gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicios”.
- ii. Decreto Reglamentario Provincial N.º 5837/91 MBSCyE.
- iii. Decreto Provincial N.º 5394/96 SPG.
- iv. Decreto Provincial 2687/15 MP.
- v. Resolución Provincial N.º 165/12 SA.
- vi. Resolución Provincial N.º 214 SA.

vii. Resolución Provincial N.º 225 SA.

Fuente: Secretaría de Ambiente del Gobierno de la Provincia de Entre Ríos. “Normativas”.

<https://www.entrerios.gov.ar/ambiente/index.php?codigo=125&codsubmenu=196&modulo=&codppal=125>

6.4. Metodología de análisis.

La definición de las medidas de mitigación está estrechamente relacionada a la naturaleza de los impactos, pero también a la factibilidad técnica y la viabilidad económica para llevarlas a cabo. En base a la normativa vigente y a la evaluación efectuada, las medidas que se analizan a continuación, implican acciones tendientes fundamentalmente a controlar las situaciones indeseadas que se producen durante la ejecución de las obras en general.

Para adentrarnos en las especificidades del plan en discusión, primeramente, se define el método analítico, mediante el cual se podrá asignar a cada impacto ambiental identificado o planteado, un valor cuali-cuantitativo de “importancia (I)”, considerando tres etapas fundamentales, las cuales serán la etapa de pre-construcción, de construcción y de operación-funcionamiento.

La metodología utilizada corresponde a la teoría propuesta por Vicente Conesa Fernández Vitora (2010)⁵², en la cual indica, en primera instancia la realización de una evaluación de los efectos previsible directos o indirectos del proyecto sobre componentes ambientales tales como la población, la fauna, la flora, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y los bienes materiales, incluido el patrimonio cultural. Identificadas las posibles alteraciones, se realiza una previsión y valoración de las mismas.

La valoración cualitativa se efectúa a partir de una *Matriz de Impactos*, en la cual se manifiesta el efecto de cada acción impactante sobre cada factor ambiental identificado.

Los elementos de esta matriz identifican la Importancia (I_{ij}) del impacto ambiental generado por una acción simple de una actividad (A_i) sobre un factor ambiental considerado (F_j).

Se distinguen a través de una escala de valoración los efectos positivos de los negativos, los temporales de los permanentes, los simples de los acumulativos y sinérgicos, los directos de los indirectos, los reversibles de los irreversibles, los recuperables de los irrecuperables, los periódicos de los irregulares, y los continuos de los discontinuos. A su vez se los identifican a estos según sean compatibles, moderados, severos y críticos.

El autor advierte que la Importancia del impacto no debe confundirse con la importancia del factor afectado, puesto que, un factor puede presentar una gran importancia en el entorno del proyecto y la importancia del impacto sobre éste puede ser mínima o nula.

6.4.1. Matriz de identificación.

Se trata de inventario o lista de chequeo de tipo holístico, que propone una identificación inicial y expeditiva de las posibles consecuencias de las acciones y actividades proyectadas, utilizadas comúnmente para evaluaciones preliminares de los factores ambientales intervinientes.

Se trata de una visión preliminar de relación Proyecto-Entorno, es decir, una primera aproximación del análisis de las acciones y sus efectos, de modo de avizorar las consecuencias que generará la concreción del proyecto, sobre los parámetros medio-ambientales, como así también, distinguir los factores que resultarán más afectados.

Identificación de acciones:

El modelo está basado en el sistema de indicadores Presión-Estado-Respuesta. Las acciones pertenecen al grupo de indicadores causales y las definimos como un sistema de actividades humanas (políticas, estratégicas, proyectos, actividades genéricas, etc.), agrupadas en subsistemas, en el grado de división que se requiera, las cuales ejercen una presión sobre el medio, es decir, dan lugar a impactos ambientales.

La identificación de las acciones se realiza para cada una de las etapas del proyecto anteriormente descriptas como:

1. Etapa de pre-construcción.
2. Etapa de construcción.
3. Etapa de operación y funcionamiento.

Las acciones a su vez deben ser susceptibles de generar impactos, considerando cualidades tales como:

- ✓ Capacidad de modificar el suelo, el agua, el aire.
- ✓ Que implican la emisión de contaminantes.
- ✓ Derivadas del almacenamiento de residuos.
- ✓ La sobreexplotación de recursos.
- ✓ Que generan detrimento del paisaje intrínseco y original.
- ✓ Que repercuten sobre el entorno social, económico y cultural.

A su vez estas acciones individuales se corresponden con las etapas constructivas descriptas como ítems del presupuesto, es decir, las tareas a ejecutar.

Estas acciones y sus efectos quedan determinados al menos en intensidad, extensión, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad y momento en que intervienen en el proceso.

Identificación de factores ambientales:

Al contrario de las acciones, los factores ambientales son comunes a todas las etapas de proyecto que se van a analizar en el estudio de impacto ambiental (EsIA), de modo que, los mismos se mantienen para cada una de las etapas del proyecto y habitualmente no se modifican.

Una vez definida y descripta el área de influencia, realizada a su vez la descripción del proyecto, la identificación y caracterización de los factores ambiental es más simple, puesto que ya se dispone de una idea cualitativa respecto a cómo serán las interacciones entre proyecto y ambiente.

El medio ambiente tendrá una mayor o menor acogida del proyecto, lo cual se evalúa estudiando los efectos que sobre los principales factores ambientales causan las acciones identificadas. Se evalúa el estado en que se conserva cada componente y factor ambiental, conformando así un indicador de estado.

Teóricamente se define que el entorno se halla constituido por elementos y procesos interrelacionados, los cuales pertenecen a los siguientes sistemas:

- Medio físico natural.
- Medio social -urbano.
- Medio socio-económico y cultural.

Los cuales a su vez se subdividirán en subsistemas, tales como:

- Medio inerte.
- Medio biótico.
- Medio perceptual.
- Infraestructura y servicios.
- Usos del suelo.
- Medio socio-cultural.
- Medio económico.

Luego a cada uno de estos subsistemas le corresponden componentes ambientales susceptibles de recibir impactos, entendidos como los elementos, cualidades y procesos del entorno que pueden ser afectados por el proyecto, es decir, por las acciones para su concreción.

Así, la matriz de identificación queda conformada como sigue:

Matriz de identificación:

FACTORES AMBIENTALES ↓					ACCIONES ANTRÓPICAS →					ETAPA DE OPERACIÓN Y SERVICIO																	NÚMERO DE IMPACTOS POSITIVOS	NÚMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS												
										ETAPA PRECONSTRUCCIÓN						ETAPA DE CONSTRUCCIÓN						ETAPA DE OPERACIÓN Y SERVICIO																		
SISTEMA ↓	SUBSISTEMA ↓	COMPONENTE ↓	ELEMENTO ↓	IMPACTO ↓	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17			
MEDIO FÍSICO NATURAL	MEDIO INERTE	AIRE	CALIDAD	Cambios en la concentración de contaminantes y del material particulado	-1	-1					-1	-1	-1	-1								-1	-1		-1												0	-12		
			RUIDOS	Cambios en los niveles de contaminación sonora	-1										-1	-1			-1								-1												0	-11
		AGUA	CALIDAD	Cambios en las características fisicoquímicas y bacteriológicas (agua superficial y subterránea)			-1	-1	-1								-1				-1			1	-1	1	1											3	-9	
			DRENAJE	Alteración de cuencas naturales		-1	-1	-1	-1				-1	-1	-1	-1	-1							-1	-1		-1	-1	1	1									3	-17
		SUELO	CALIDAD	Cambios en las características fisicoquímicas del suelo			-1	-1					-1	-1	-1	-1	-1				-1						1	1	1	1									6	-13
			EROSIÓN/ESTABILIDAD	Modificación y potenciación a la susceptibilidad de erosión		-1			-1				-1	-1		-1	-1							-1							1	1							3	-8
	MEDIO BIÓTICO	FLORA	VEGETACIÓN	Cambios en la cobertura vegetal y alteración de hábitat		-1	-1	-1	-1			-1	-1	-1	-1	-1								-1	-1		-1	-1	1	1	1	1						5	-14	
		FAUNA	TERRESTRES Y ACUÁTICOS	Alteración de la calidad de hábitats naturales y pérdida de la biodiversidad	-1	-1	-1	-1	-1			-1	-1	-1	-1	-1					-1		-1	-1	-1		-1	-1	1	1	1	1						5	-17	
	MEDIO PERCEPTUAL	PAISAJE INTRÍNSECO	ECOSISTEMA	Alteración de áreas sensibles		-1	-1	-1	-1			-1	-1	-1	-1	-1				-1	-1				-1	-1		-1	-1	1	1	1	1					5	-17	
	MEDIO SOCIAL URBANO	INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS	RED AGUA POTABLE	CONSUMO	Incremento de los consumos de agua potable	-1	-1	-1	-1	-1						-1	-1								-1	-1	1											5	-13	
RED DESAGÜES PLUVIALES			DRENAJE/CAPACIDAD	Alteración de la composición fisicoquímica y volumen natural			-1	-1										-1							-1	1	1		1	1	1						5	-7		
RED COLECTORA DE EFLUENTES			DRENAJE/CAPACIDAD	Alteración de la composición fisicoquímica y volumen natural			-1	-1										-1							-1	1	1		1	1	1						5	-7		
DISPOSICIÓN DE RESIDUOS			BASURAL A CIELO ABIERTO	Incorporación de residuos no tratables	-1	-1	-1	-1				-1	-1			-1	-1								-1	-1	1	1			1	-1	1				1	5		
VÍAS DE COMUNICACIÓN			PEATONAL Y VEHICULAR	Amenaza a peatones y alteración de tránsito vehicular		-1			-1									-1																				0	-5	
RED DE ENERGÍA ELÉCTRICA			CONSUMO	Incremento de los consumos de energía eléctrica	-1									-1	-1					-1							-1											1	1	
MEDIO TERRITORIAL (Uso del suelo)		RESIDENCIAL	ESTRUCTURA NÚCLEOS HABITADOS	Afectación de entorno barrios/viviendas marginadas	-1	-1	-1	-1																														1	4	
		INDUSTRIAL	ÁREAS INDUSTRIALES	Alteración de terrenos para radicación de industrias	-1	-1	-1	-1	-1			-1	-1	-1	-1																							1	4	
		RURAL	CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA	Afectación de áreas rurales y suelo productivo	-1	-1	-1	-1	-1			-1	-1	-1	-1																							1	4	
MEDIO SOCIO ECONÓMICO Y CULTURAL		MEDIO SOCIO CULTURAL	POBLACIÓN	DEMOGRAFÍA	Alteración de la cantidad de habitantes						1																										1	-2		
	SALUD PÚBLICA		SALUBRIDAD	Afectación de la salud por enfermedades de origen			-1	-1	-1																-1		1	1	1	1							1	5		
	ESTÉTICA/VISIBILIDAD DE ÁREAS		CONDICIONES NATURALES/ORIGINAL	Modificación de la calidad paisajística	-1	-1	-1	-1	-1			-1	-1	-1	-1	-1											1	1	1	1	-1	-1					6	-17		
	PATRIMONIO CULTURAL		ÁREAS HISTÓRICAS/CONSERVADAS	Alteración de áreas protegidas		-1	-1		-1																													4	-8	
	SEGURIDAD E HIGIENE LABORAL		RIESGOS	Riesgos laborales	-1	-1			-1			-1	-1	-1	-1	-1																						1	-15	
	MEDIO ECONÓMICO	INDUSTRIA	CONTRATACIÓN DE SERVICIOS	Incremento de la oportunidad de empleo por tercerización de servicios		1					1	1																									8	0		
		COMERCIO	COMPRAS DE INSUMOS	Incremento de la oportunidad de ventas de comercios	1	1					1			1	1	1																					10	0		
		EMPLEO	GENERACIÓN DE EMPLEO TEMPORAL	Incremento de la oferta laboral	1						1	1																									8	-1		
		VALOR DE INMUEBLES	COSTO DEL TERRENO	Alteración de los costos de terrenos residenciales	-1	-1	-1	-1	-1																												4	-12		
	CANTIDAD DE IMPACTOS POR CADA ACCIÓN ANTRÓPICA																																							
NÚMERO DE IMPACTOS POSITIVOS					2	2	0	0	0	4	2	0	1	1	1	0	3	0	0	0	0	2	2	0	5	11	4	17	17	8	6	0	3	0	10	9				
NÚMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS					-12	-14	-17	-14	-20	0	-8	-15	-4	-13	-7	-20	-5	-1	-6	-9	-3	-12	-14	-17	-5	-5	-8	-1	-1	-8	-5	-1	-11	-11	-1	0				

6.4.2. Matriz de evaluación de impactos -matriz de importancia.

Una vez conformada la “lista de comprobación” por medio de la matriz de identificación, conformada por las acciones antes mencionadas y los factores del medio afectados, se está en condiciones de confeccionar la Matriz de Importancia, la cual nos permitirá obtener una valoración cualitativa del impacto del proyecto en el ambiente.

En lo que respecta a la matriz de evaluación o valoración, los impactos identificados, se caracterizan de forma positiva (+) o negativa (-), la cual se puede cualificar mediante el uso de escalas de valoración cromáticas y cuantificar mediante una escala numérica o puntaje, referido a la relevancia del impacto según cada factor, es decir, hace referencia al ratio mediante el cual mediremos cualitativamente el impacto ambiental, en función, tanto del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cualitativo, tales como extensión, tipo de efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad. .

A continuación, se establece el correspondiente modelo de importancia para el análisis:

NATURALEZA (N)		INTENSIDAD (IN) (Grado de destrucción)	
Impacto beneficioso	+	Baja o mínima	1
Impacto perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (EX) (Área de influencia)		MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Amplio o Extenso	3	Corto plazo	3
Total	8	Inmediato	4
PERSISTENCIA (PE) (Permanencia del efecto)		REVERSIBILIDAD (RV) (Reconstrucción por medios naturales)	
Fugaz o efímero, Momentáneo	1	Corto plazo	1
Temporal o Transitorio	2	Medio plazo	2
Pertinaz o Persistente	3	Largo plazo	3
Permanente y Constante	4	Irreversible	4
SINERGIA (SI) (Potenciación de la manifestación)		ACUMULACIÓN (AC) (Incremento progresivo)	
Sin sinergismo o simple	1	Simple	1
Sinergismo moderado	2	Acumulativo	4
Muy sinergico	4		
EFFECTO (EF) (Relación causa-efecto)		PERIODICIDAD (PR) (Regularidad de la manifestación)	
Indirecto	1	Irregular	1
Directo	4	Periódico o intermitente	2
		Continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC) (Reconstrucción por medios humanos)		IMPORTANCIA (I) (Grado de manifestación cualitativa del efecto)	
Recuperable inmediatamente	1	$I = \pm (3 \cdot IN + 2 \cdot EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$	
Recuperable a corto plazo	2		
Recuperable a medio plazo	3		
Recuperable a largo plazo	4		
Mitigable, sustituible y compensable	4		
Irrecuperable	8		

Tabla 29. Tabla modelo de importancia.

Cada una de estas características a evaluar, a su vez se las analiza respecto a su valor de importancia del impacto, número el cual se deduce de la ecuación indicada en la **Tabla 29. Tabla modelo de importancia**. En función de dicho modelo, los valores de la importancia se clasifican según la siguiente escala de valoración, como se indica en la **Tabla 30**:

IMPORTANCIA AMBIENTAL	CLASIFICACIÓN	SIGNIFICANCIA	DESCRIPCIÓN
<25	BAJO	Irrelevante/compatible	La afectación del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del proyecto. Son generalmente puntuales, de baja intensidad, reversibles en el corto plazo. El manejo recomendado es el control y la prevención.
26-50	MODERADO	No significativo	La afectación del mismo, no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas. Impactos de intensidad media, reversibles en el corto y mediano plazo y recuperable en el mismo tiempo. Las medidas son de control, prevención y mitigación.
51-75	SEVERO	Significativo	La afectación de este, exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es en un periodo prolongado. Son generalmente de intensidad muy alta, persistentes, reversibles en el mediano plazo.
≥76	CRÍTICO	Muy significativo	La afectación del mismo, es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. NO existe posibilidad de recuperación alguna. De intensidad muy alta o total, extensión local e irreversibles.

Tabla 30. Valoración de la importancia.

A continuación, se explican los conceptos de valoración adoptados:

- **Naturaleza (N):** El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.
- **Intensidad (IN):** Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en el que actúa. El baremo de valoración estará comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y el 1 una afección mínima.
- **Extensión (EX):** Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del Proyecto dividido el porcentaje del área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto.
- **Momento (MO):** El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (t0) y el comienzo del efecto (tj) sobre el factor del medio considerado.
- **Persistencia (PE):** Se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.
- **Reversibilidad (RV):** Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el Proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio.
- **Sinergia (SI):** Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. El componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.

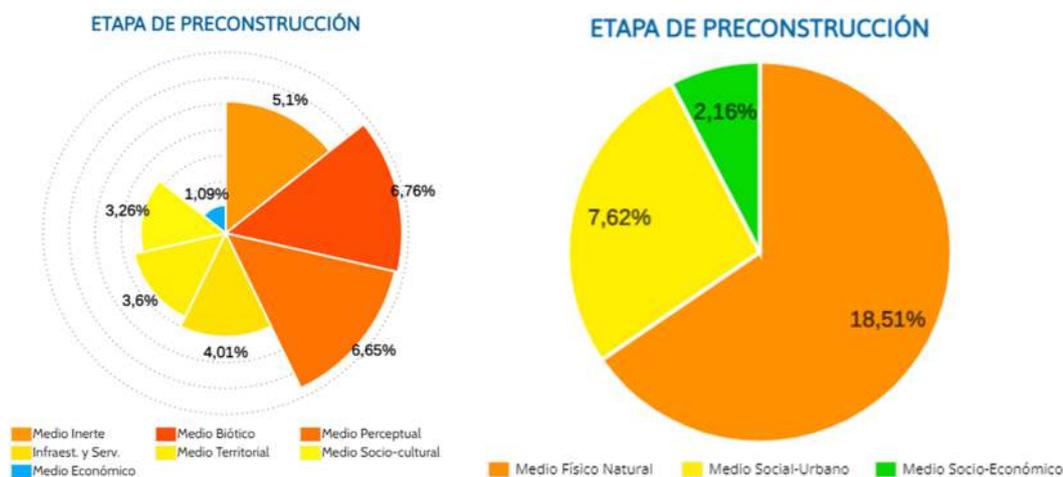
- **Acumulación (AC):** Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.
- **Efecto (EF):** Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.
- **Periodicidad (PR):** La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo).
- **Recuperabilidad (MC):** Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras).

En Anexo II - Matrices, se presenta según cada etapa, la Matriz de Evaluación de Impactos completa. De esta manera queda conformada la llamada Matriz de Impactos Sintética, la cual está integrada por un número que se deduce mediante el modelo de importancia propuesto, en función del valor asignado a los símbolos considerados, tal como se observa en la **Tabla 31**. Matriz de importancia sintética..

6.4.3. Análisis de la matriz de importancia.

6.4.3.1. Etapa de pre-construcción.

Se considera para esta etapa la acción de la operación de elaboración de hormigón elaborado, con las tareas consecuentes que demanda la actividad, tales como el consumo de agregados minerales, el lavado de planta y mixers, la retención de agua residual considerando la existencia de un reservorio provisorio a cielo abierto, el volcado de la misma y la contratación de personal, necesaria para la ejecución de la obra. Se evidencia que la importancia del impacto para dicha etapa es severa y negativa en un orden del -28,19%, debido principalmente al impacto del medio físico natural por acciones que alteran la calidad del agua, los suelos y el medio biótico con una intensidad alta y severa, tal como se puede apreciar en la **Gráfica 16**.



Gráfica 16. Valoración de impactos según componentes ambientales. Etapa de Pre-construcción.

Medio Físico Natural:

Debido a las tareas de operación de la planta previo a la construcción, los impactos que afectan el medio físico natural son de carácter moderado a severo, incluso si se los analiza individualmente, los cuales poseen una sinergia y acumulación de la afectación de varios componentes, principalmente para las acciones como el lavado de planta-mixers y el volcado de agua residual.

- **Aire:** La calidad del aire se verá afectada de manera directa, pero a un nivel moderado, principalmente debido a la generación material particulado o polvo, sumado al incremento del nivel sonoro ambiental, consecuencia de las actividades de elaboración de planta, circulación y maniobra de unidades mixers, manipulación, carga y descarga de áridos pulverulentos.
- **Agua:** Para dicho componente la afectación del mismo se da principalmente para el escurrimiento superficial, debido al volcado de agua residual, la retención de la misma en pozos a cielo abierto sumado a la sinergia provocada por el lavado de planta y mixers, siendo la importancia del impacto de carácter moderado a severo. Dicha afectación es directa, continua y de alta intensidad. Al ser continua la acción, afecta en consecuencia a las aguas subterráneas.
- **Suelo:** Afectado en un orden severo y directo, principalmente por la acción de retención de agua residual en pozos a cielo abierto y el volcado de la misma, sumado a la sinergia que genera el consumo de agregados minerales, debido a la explotación de canteras. La posterior infiltración del agua residual, genera una impermeabilización y transformación físico-química de los suelos, con el consecuente detrimento de la cobertura vegetal a nivel local, más la pérdida de biodiversidad en el largo plazo. A su vez, la circulación frecuente de equipos mixers y camiones provocan la compactación de los suelos en la playa de maniobras y caminos internos. Los grandes acopios de agregados, necesarios para la elaboración de hormigón, generan interferencias con el drenaje natural del terreno.
- **Flora:** En cuanto a los cambios en la cobertura vegetal y alteración de hábitats, la afectación es de carácter severo, en los límites de ser considerado crítico, puesto que la acción es directa, debida al volcado del agua residual, explotación de canteras y acopios de áridos, aunque posea una extensión de tipo localizada.
- **Fauna:** Tanto las actividades de elaboración de hormigón, lavado de camiones y volcado de agua residual, afectan de manera indirecta, pero de carácter severo, a la escasa fauna de aves, pequeños peces de ríos y arroyos, mamíferos de pequeño porte y roedores y las especies de reptiles, ranas y sapos, en un nivel de extensión parcial.
- **Paisaje intrínseco:** Debido a que el sitio de materialización de la obra y de la actual planta se encuentra en la cuenca del Arroyo Yuquerí Chico, la alteración de áreas sensibles a pesar de ser de manera indirecta, resulta de carácter severo, debido a la sinergia y acumulación que se produce por la afectación de todas las componentes antes mencionadas.

Medio Social-Urbano:

Considerando las tareas de operación de la planta previo a la construcción, los impactos que afectan el medio social urbano, resultan de carácter moderado, con intensidad media y extensión parcial, aunque la persistencia por lo general es pertinaz. Si se los analiza individualmente, el impacto más relevante es el consumo o afectación de la red de agua potable consecuencia de la elaboración de hormigón con dicho recurso.

→ **Infraestructura y servicios:** Para este componente, se debe tener en cuenta el hecho de no contar con un sistema de tratamiento y recuperación del agua residual, de modo que el impacto resulta negativo, pero temporal, considerando la realización de la obra. La red de suministro de agua se ve afectada de manera continua por el consumo de agua potable necesaria para la elaboración de hormigón; proceso el cual se ve potenciado por la acción del volcado de agua residual a la red de desagües pluviales y cloacales de manera indirecta.

Otro impacto negativo existente se relaciona con la disposición de residuos, puesto que por lo general se realizan en basurales existentes, sitios baldíos, zonas bajas marginadas y a cielo abierto, con la sinergia del aumento de la generación de residuos, que requieren en muchos casos de un servicio adicional de acarreo, manipulación y disposición de los residuos sólidos.

Los impactos negativos de menor importancia, se relacionan con la demanda de energía eléctrica y las vías de comunicación existentes, puesto que no se consideran que afecten de manera intensiva el normal servicio diario.

→ **Medio territorial (uso del suelo):** Nuevamente se deben considerar las actividades existentes y la falta del sistema de tratamiento y reciclado de residuos producto de la elaboración de hormigón. En base a ello tanto la ubicación de la planta elaboradora, el predio y las actividades en general, presentan afectaciones de carácter moderado, puesto que intervienen en la estética, visibilidad y alteración de las zonas aledañas, que por lo general se tratan de barrios suburbanos y en algunos casos marginados, por disponer las plantas en zonas industriales o alejadas del ejido urbano, sumado a la generación de ruidos y material particulado de manera persistente. Esto se puede trasladar en menor medida a zonas de uso rural para producción que se verá afectada de manera indirecta.

Medio socio económico y cultural:

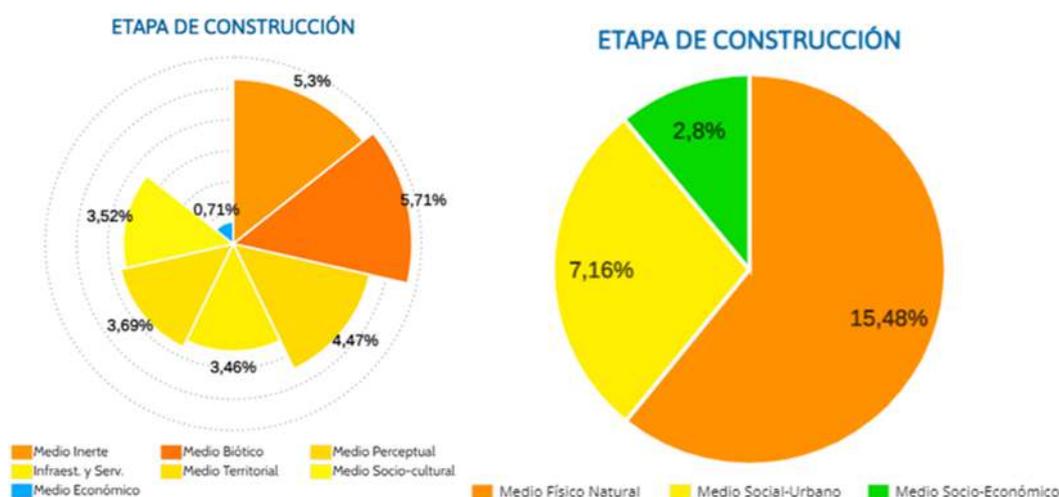
Se debe destacar el hecho de que, para la etapa de pre-construcción, nuevamente la existencia de la planta elaboradora genera afectaciones intensidad alta y permanentes sobre la estética y visibilidad de áreas, es decir, la actividad de elaboración de hormigón modifica la calidad paisajística del entorno, incluso de manera indirecta, se ven afectadas áreas protegidas culturalmente tales como la cuenca del Arroyo Ayuí Chico.

En cuanto a la afectación de la demografía existente y la demanda de mano de obra necesaria para dar inicio a la etapa de construcción, no es significativa, puesto que se considera el hecho de que las plantas hormigoneras disponen de mano de obra interna.

De todos modos, se producirá un impacto en la demanda de servicios industriales y comercios, especialmente para el acopio de materiales, compra de insumos y servicios de instalación, aunque locales y temporales.

6.4.3.2. Etapa de construcción.

Se considera para esta etapa la sinergia generada por la acción de la operación de elaboración de hormigón elaborado, con las tareas consecuentes que demanda la actividad y las actividades de construcción del sistema de tratamiento y recuperación de agua residual. Se evidencia que la importancia del impacto para dicha etapa es severo y negativo en un orden del -25,44%, debido principalmente al impacto del medio físico natural por acciones que alteran principalmente el medio perceptual, o la calidad paisajística, como así también de manera local la calidad del agua, los suelos y el medio biótico con una intensidad moderada, tal como se puede apreciar en la **Gráfica 17**.



Gráfica 17. Valoración de impactos según componentes ambientales. Etapa de Construcción.

Medio Físico Natural:

Se considera especialmente la sinergia generada por los procesos de elaboración existente más las tareas de construcción del sistema de tratamiento. Los impactos que afectan el

medio físico natural son de carácter moderado a severo, debido a la afectación de acciones tales como las excavaciones y movimientos de suelos, el hormigonado y el volcado de agua residual.

- **Aire:** La calidad del aire se verá afectada de manera directa, pero a un nivel severo, principalmente debido a la generación material particulado o polvo, debido al incremento del nivel sonoro ambiental.
- **Agua:** Para dicho componente la afectación del mismo es de carácter severo y se da principalmente por la afectación al escurrimiento superficial, debido a las tareas de excavación para las fundaciones y la colocación de la estructura de hormigón, sumado al volcado de agua residual, la retención de la misma en pozos a cielo abierto provocada por el lavado de planta y mixers. Dicha afectación es directa, continua y de alta intensidad. Al ser continua la acción, afecta en consecuencia a las aguas subterráneas.
- **Suelo:** Afectado en un orden severo y directo, principalmente por la acción de los movimientos de suelos y excavaciones. Se considera además la impermeabilización y alteración de las condiciones naturales del suelo producto de la construcción de las losas de hormigón en planta de todo el sistema de tratamiento, incluidas veredas perimetrales y playas de maniobras. A su vez, la circulación frecuente de equipos mixers y camiones provocan la compactación de los suelos en la playa de maniobras y caminos internos, sumado a los derrames y vertidos que puedan provocarse accidentalmente. Los grandes acopios de agregados, necesarios para la elaboración de hormigón, generan interferencias con el drenaje natural del terreno.
- **Flora:** En cuanto a los cambios en la cobertura vegetal y alteración de hábitats, la afectación es de carácter moderado a severo, de acción directa, debido al desmalezado y limpieza, más la circulación de los equipos mixers y máquinas de gran porte que incrementan la compactación del suelo del predio y la cobertura vegetal del lugar, a pesar de ser localizado.
- **Fauna:** Tanto las actividades de excavación para la materialización de los reservorios, más las tareas de elaboración de hormigón, lavado de camiones y volcado de agua residual, afectan de manera indirecta, pero de carácter severo, a la escasa fauna de aves, pequeños peces de ríos y arroyos, mamíferos de pequeño porte y roedores y las especies de reptiles, ranas y sapos, en un nivel de extensión parcial, en el sitio de descarga.

Paisaje intrínseco: Se ve afectado por las actividades de cercado de obra y señalización, interviniendo principalmente en la alteración visual del paisaje natural existente, de manera indirecta, pero de carácter moderado.

Medio Social-Urbano:

Considerando las tareas de construcción, los impactos que afectan el medio social urbano, resultan de carácter moderado, con intensidad media, extensión parcial, y de

persistencia por lo general temporal. Si se los analiza individualmente, el impacto más relevante sigue siendo el consumo o afectación de la red de agua potable consecuencia de la elaboración de hormigón con dicho recurso.

→ **Infraestructura y servicios:** Para este componente, el impacto resulta negativo, pero temporal, considerando la realización de la obra. La red de suministro de agua se ve afectada de manera continua por el consumo de agua potable necesaria para la elaboración de hormigón y agua de construcción; proceso el cual se ve potenciado por la acción del volcado de agua residual a la red de desagües pluviales y cloacales de manera indirecta.

Otro impacto negativo existente se relaciona con la disposición de residuos, puesto que la actividad de ensambles de armaduras y encofrados generan residuos de tipo ferroso y orgánico que deben ser recolectados y dispuestos adecuadamente o bien reutilizados.

Los impactos negativos de menor importancia, se relacionan con la demanda de energía eléctrica. En cuanto a las vías de comunicación existentes, se generará de manera local un aumento del tránsito o interferencias en el acceso de planta, puesto que se considera la circulación de maquinaria pesada.

→ **Medio territorial (uso del suelo):** Considerando que la materialización un sistema de reservorios de hormigón armado requieren de alteraciones en los predios destinados a industria y de carácter permanente, una vez materializados, la intensidad es alta y de carácter directo para el uso del suelo industrial en el largo plazo. Nuevamente se deben considerar las actividades existentes y la falta del sistema de tratamiento y reciclado de residuos producto de la elaboración de hormigón. Intervienen además en la estética, visibilidad y alteración de las zonas aledañas, que por lo general se tratan de barrios suburbanos y en algunos casos marginados y en menor medida a zonas de uso rural para producción que se verá afectada de manera indirecta.

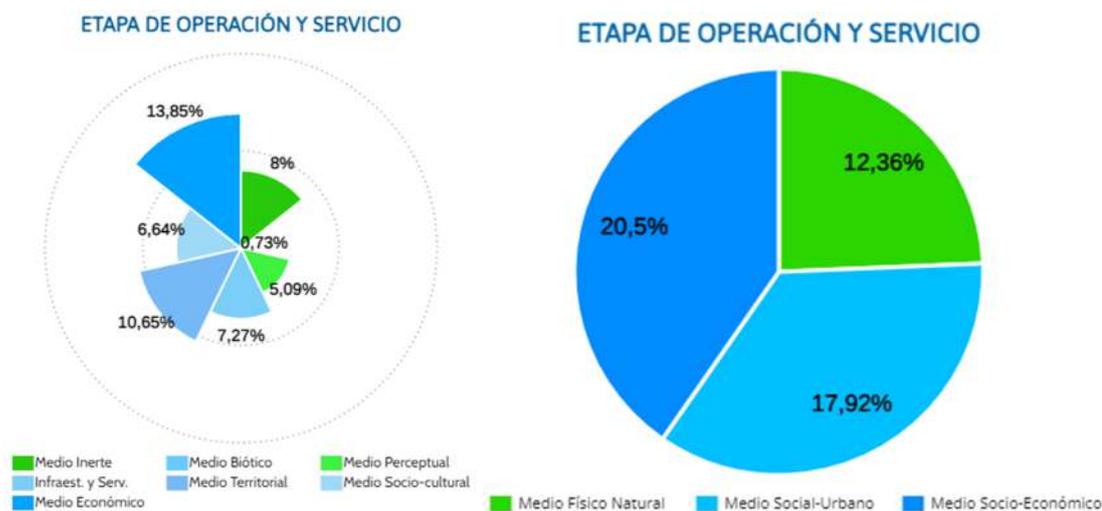
Medio socio económico y cultural:

En cuanto a la afectación de la demografía existente y la demanda de mano de obra necesaria para la etapa de construcción, no es significativa, de todos modos, se producirá un impacto en la demanda de servicios industriales y comercios, manifestado también en la etapa de pre-construcción.

6.4.3.3. Etapa de operación y servicio.

Se considera para esta etapa la acción de la operación y funcionamiento del sistema de tratamiento y recuperación de agua residual, con las tareas consecuentes que demanda la actividad del hormigón elaborado. Se evidencia que la importancia del impacto para dicha etapa es moderado y positivo en un orden del 26,06%, debido principalmente al impacto del medio socio económico y cultural por acciones que intervienen en la salubridad, estética y visibilidad de paisajes, calidad de vida, agregado de valor a la industria y la generación de empleo. Sumado a la disminución de la afectación del medio físico natural,

social y urbano, por acciones que implican mitigaciones y compensaciones en las actividades existentes post-construcción, tales como la contaminación del agua, se evita el volcado del agua residual, se reutilizan recursos, generando a su vez una economía circular en base a políticas sostenibles, tal como se puede observar en la **Gráfica 18**.



Gráfica 18. Valoración de impactos según componentes ambientales. Etapa de Operación y Serv.

Medio Físico Natural:

Para la etapa de operación y servicio, los impactos que afectan el medio físico natural son de carácter moderado a severo, debido a la afectación de acciones tales como la elaboración de hormigón, la generación de residuos semisólidos tales como los lodos de los sedimentadores y lecho de secado, sumado a la necesidad de su disposición final propicia y adecuada.

- **Aire:** La calidad del aire se verá afectada de manera directa, pero a un nivel bajo a moderado, principalmente debido al incremento del nivel sonoro ambiental, por el funcionamiento de bombas hidráulicas e incremento de la permanencia de camiones en marcha por tareas de lavado y descarga de material residual.
- **Agua:** Se genera un importante cambio en la afectación de dicho componente ambiental, debido a la mitigación de la contaminación de las aguas superficial y subterráneas, mediante la implementación del almacenamiento de agua residual, el tratamiento de la misma mediante los sedimentadores y filtro lento de arena, de modo que, en caso de existir derrames, los mismos pueden ser controlados. Los impactos negativos se encuentran asociados a la alteración de las cuencas naturales debido a la permanencia del sistema de tratamiento.
- **Suelo:** El sistema de tratamiento generará como impacto negativo lodos principalmente en el lecho de secado y sedimentadores, cuya disposición final deberá mitigarse por ejemplo para relleno sanitario o compostaje. A su vez el impacto general del componente ambiental, es de carácter positivo, puesto que se evita la

contaminación del mismo y/o la alteración de sus características físico-químicas, mediante las actividades de retención del agua residual.

- **Flora y Fauna:** Si bien se produce la mitigación y la compensación de la afectación de los ecosistemas y hábitats de pequeñas y escasas especies locales, mediante la reforestación y/o parquización con especies autóctonas, se producirá la afectación de manera puntual y casi permanente en el sitio de descarga.

Paisaje intrínseco: Al igual que para la flora y la fauna si bien se produce la compensación del impacto de dichos componentes, el mismo se ve afectado por la obra en si misma que introduce una alteración al paisaje natural, especialmente por la instalación de tanques elevados, veredas perimetrales y señalización. Pero se debe considerar la parquización y la reforestación que generará la recuperación de espacios verdes en las zonas linderas, mediante el empleo de especies autóctonas, mejorando el paisaje local.

Medio Social-Urbano:

- **Infraestructura y servicios:** La planta de tratamiento del agua residual, permitirá la reducción y posible anulación del consumo del agua potable de red, con la consecuente disminución del volcado de agua residual a las redes pluviales y cloacales. Otro impacto positivo se relaciona con la disminución de la generación de residuos sólidos y su disposición, puesto los mismos se reutilizarán y reciclarán para la elaboración de hormigones sostenibles.

Los impactos negativos de menor importancia, se relacionan con el incremento de la demanda de energía eléctrica debido a la incorporación de motores eléctricos e iluminación.

- **Medio territorial (uso del suelo):** Si bien la construcción del sistema de tratamiento implica un impacto de carácter negativo, debido a la pérdida de terrenos para usos residenciales, industriales y rurales, el mismo resulta positivo puesto que no se alteraría el entorno local por el volcado de agua residual. A su vez la implementación del sistema dentro de los predios de las plantas hormigoneras contribuyen a la seguridad y separación de las actividades, evitando la necesidad de expansión o necesidad de superficie terrestre, sin afectar a los terrenos vecinos y sus actividades.

Medio socio económico y cultural:

En este caso se debe indicar que existe un impacto negativo en cuanto a la afectación del paisaje y la afectación de áreas visibles por la propia instalación y materialización de la obra, sumado a la pérdida de espacios verdes, pero que se ve intensamente compensado por las ventajas que el mismo propone.

La puesta en funcionamiento del sistema de tratamiento implica un impacto positivo, especialmente para la salubridad de la población local, debido a la mitigación de los riesgos por enfermedades de origen hídrico. Se introducen a su vez mejoras de

infraestructura que aportan valor a las medidas de seguridad e higiene laborales, contando con un plan de contingencia ante riesgos.

Al disminuir la afectación de terrenos linderos, se genera de manera indirecta la expansión y mejora de la oferta de terrenos para vivienda urbana.

La propia actividad de la planta generará la necesidad y demanda de insumos y servicios locales.

Este tipo de intervenciones que generan economía circular, sostenibilidad y mitigaciones de impactos en actividades industriales, permiten brindar servicios con un alto compromiso ambiental, que produce por sinergia la concientización e información ambiental en la sociedad, que de modo indirecto generan un aumento de la calidad de vida de las poblaciones locales, la sensibilización ambiental y la implementación de acciones colectivas para el cuidado con el ambiente, logrando incluso la atracción de nuevos pobladores.

Resumen de la matriz de importancia:

TIPO DE IMPACTO	VALORACIÓN AMBIENTAL ACCIONES ANTRÓPICAS		ETAPA PRECONSTRUCCIÓN						ETAPA DE CONSTRUCCIÓN											ETAPA DE OPERACIÓN Y SERVICIO											TOTAL POR CLASIFICACIÓN				
			Elaboración de hormigón	Consumo de agregados minerales	Lavado de planta y mixers	Retención agua residual pozo C.A.	Volcado agua residual	Contratación de personal	Limpieza, desmalezado, desbroce y cercamiento	Excavación y transporte de suelos	Corte-ensamble encofrados y armaduras	Elaboración y Hormigonado	Construcción filtro lento arena	Derrames y vertidos de agua residual	Instalación cañerías, sist. Eléctricos, bombas hidráulicas, equipos externos	Consumo de energía eléctrica	Consumo de agua para la construcción	Generación de ruidos	Accidentes laborales	Elaboración de hormigón	Consumo de agregados minerales	Lavado de planta y mixers	Separación de sólidos y líquidos ingreso material residual	Proceso de sedimentación AR- piletas	Tratamiento y limpieza AR filtro arena	Almacenamiento agua filtrada	Reutilización agua filtrada	Transporte y disposición de lodos - lecho de secado	Acopio y reutilización de agregados recuperados	Consumo de energía eléctrica		Mantenimiento y limpieza sistema	Riesgos derrames/fugas agua residual	Parquiz./forestación Esp. Autóc.	Comercialización H° sostenibles
IMPACTOS NEGATIVOS	IMPORTANCIA AMBIENTAL	CLASIFICACIÓN	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	<25	BAJO	0	2	0	2	2	0	2	2	3	1	6	2	2	0	2	6	3	3	5	13	1	0	0	1	0	5	1	0	8	11	1	0	84
	26-50	MODERADO	9	6	9	7	11	0	6	12	1	8	1	11	3	1	4	3	0	9	5	4	4	2	8	0	1	3	4	1	3	0	0	0	136
	51-75	SEVERO	1	4	6	4	5	0	0	1	0	3	0	5	0	0	0	0	0	0	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
	≥76	CRÍTICO	2	2	2	1	2	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
	TOTAL			12	14	17	14	20	0	8	15	4	13	7	20	5	1	6	9	3	12	14	17	5	5	8	1	1	8	5	1	11	11	1	0
IMPACTOS POSITIVOS	<25	BAJO	2	1	0	0	0	2	2	0	1	1	1	0	3	0	0	0	0	2	1	0	0	2	2	1	1	1	0	2	0	7	1	33	
	26-50	MODERADO	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	10	2	12	6	6	4	0	1	0	3	3	55
	51-75	SEVERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	8	1	1	0	0	0	0	0	0	19
	≥76	CRÍTICO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	TOTAL			2	2	0	0	0	4	2	0	1	1	1	0	3	0	0	0	0	2	2	0	5	11	4	17	17	8	6	0	3	0	10	9

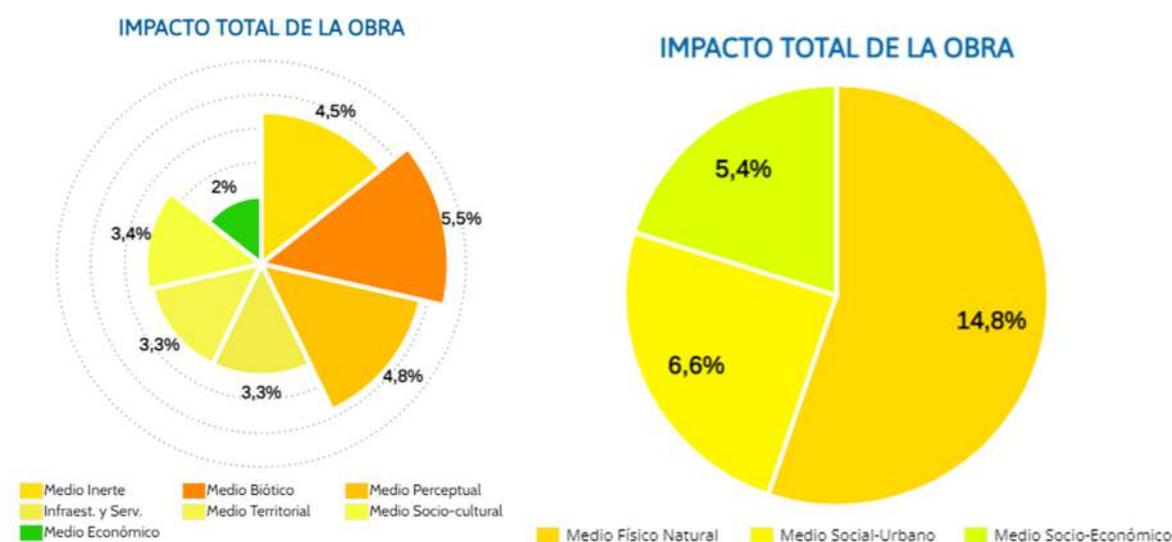
Tabla 32. Resumen matriz de importancia.

6.5. Conclusiones.

De los análisis precedentes correspondientes a los estudios de impacto ambiental, se desprenden aspectos concluyentes que definen criterios de selección, resultando la misma significativamente favorable en cuanto a la actividad de elaboración de hormigón.

Se concluye que el impacto cualitativo total de la obra respecto al ambiente, considerando la influencia de las tres etapas manifestadas con anterioridad, es de naturaleza negativa, de carácter moderado a severo, en un orden del -26,80% respecto del medio (tal como se observa en la **Gráfica 19**, de modo que la afectación del mismo, si bien no precisa prácticas correctoras intensivas, producto de la sinergia de los beneficios que conlleva la materialización de la obra, los impactos que produce son de intensidad media, reversibles y recuperable en el corto plazo a mediano plazo, de modo que se deberá recurrir a medidas de tipo preventivas, de mitigación y de control. Se observa a su vez en la **Gráfica 19**, que el sistema de mayor afectación negativa es el medio físico natural, debido principalmente a la alteración de los suelos y los cambios en la cobertura vegetal y en menor medida la alteración de cuencas naturales.

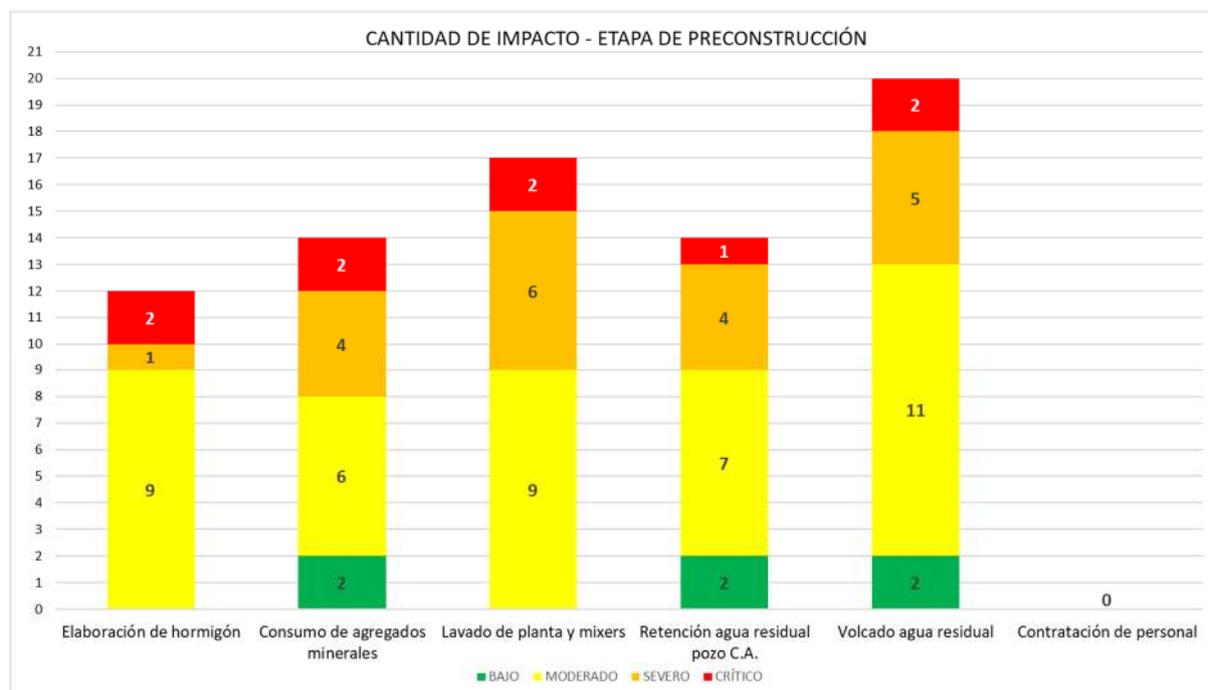
Así mismo, este escenario de impacto, resulta compensado por la propia materialización de la obra, que introduce medidas de mitigación y compensación por sí misma.



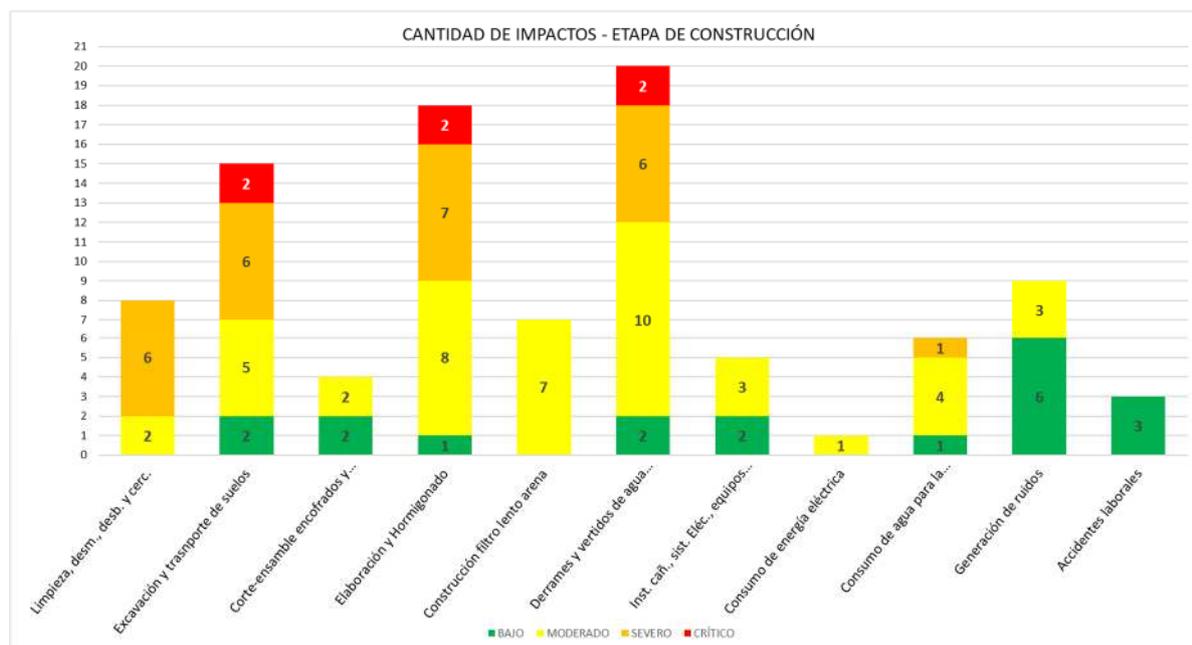
Gráfica 19. Impacto ambiental total de obra.

De manera cuantitativa y a modo de resumen, se indican a continuación (ver **Gráfica 20**; **Gráfica 21**; **Gráfica 22**; **Gráfica 23**), las cantidades de impactos por etapas y según su valoración, al igual que la cantidad de impactos según actividades.

De la **Gráfica 20** se observa que todas las actividades en la etapa de pre-construcción, presentan impactos de carácter severos a críticos en mayor medida, manifestándose incluso para la etapa de construcción (ver **Gráfica 21**), producto de la sinergia de actividades (Elaboración de hormigón y construcción).

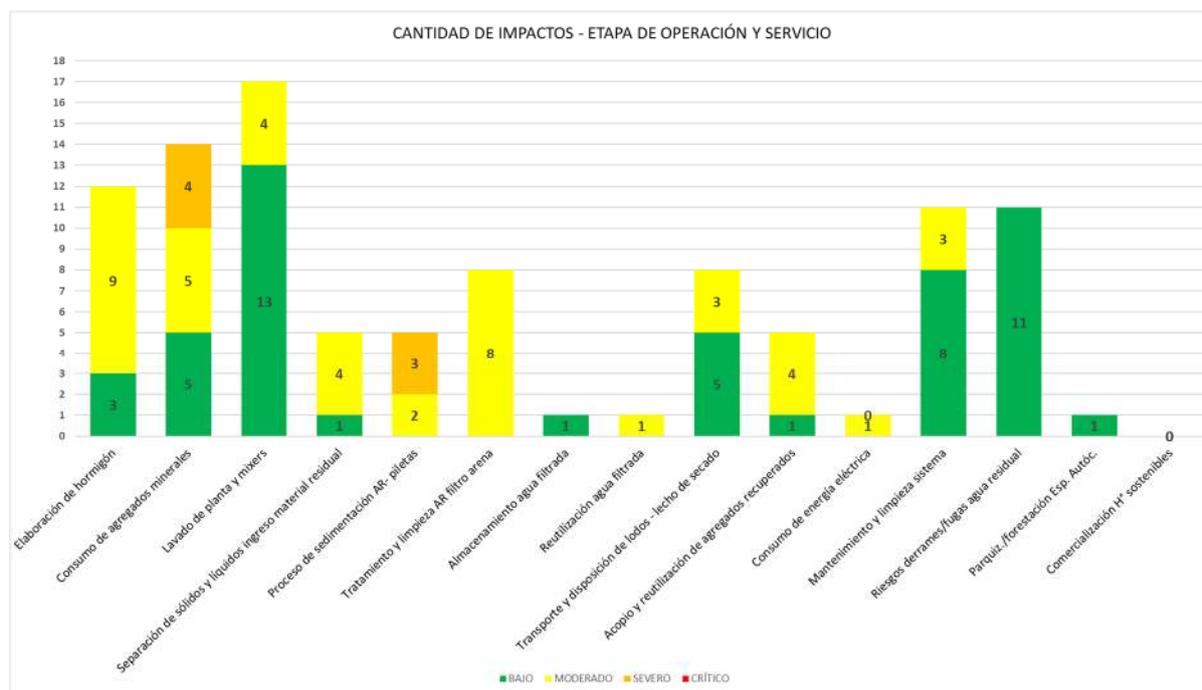


Gráfica 20. Cantidad de impactos. Etapa Pre-construcción.



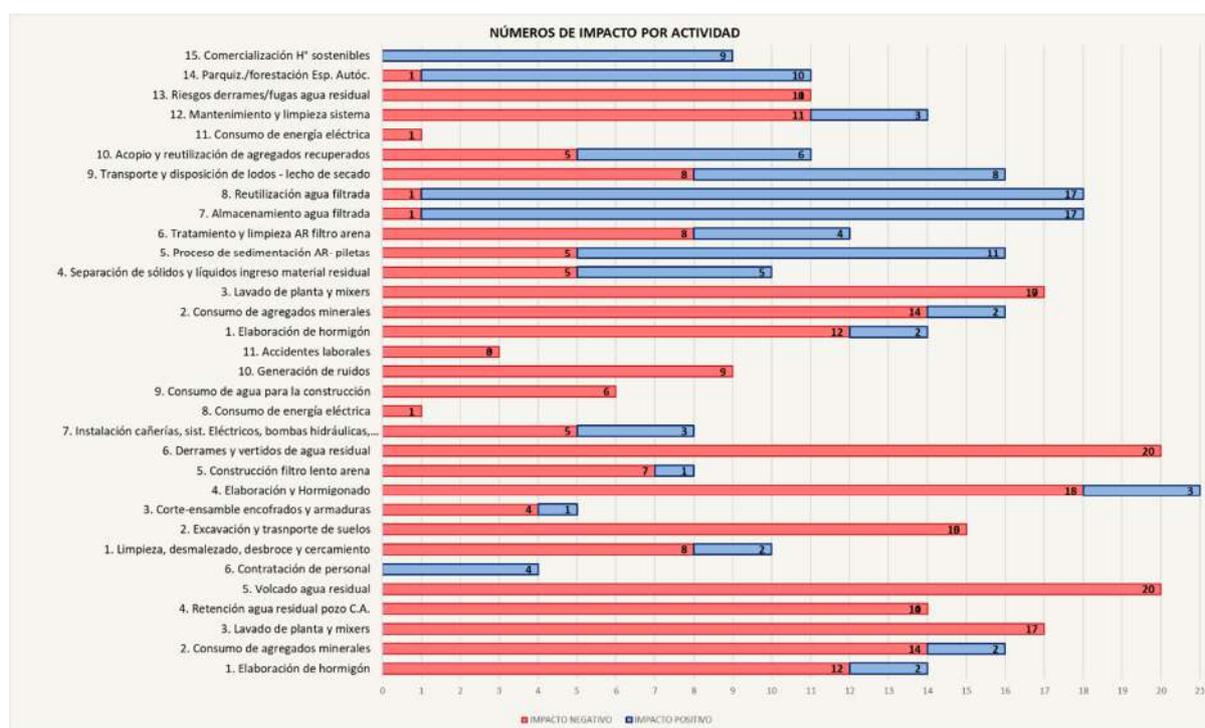
Gráfica 21- Cantidad de impactos. Etapa de Construcción.

Mientras que para la etapa de operación y servicio, es decir, la planta de tratamiento se encuentra en funcionamiento, se produce la mitigación y compensación de los impactos manifestados en las anteriores etapas, hecho el cual se observa en la **Gráfica 22** mediante la ausencia de impactos críticos y el incremento de los impactos de carácter bajo, irrelevantes o compatibles, resultando en una característica favorable para la materialización de la obra propuesta.



Gráfica 22. Cantidad de impactos. Etapa de Operación y Servicio.

En la **Gráfica 23**, se cuantifican los impactos según cada una de las acciones antrópicas evaluadas, observando que la acción que mayor impacto negativo genera, es el volcado y vertido de agua residual al ambiente, sin tratamiento previo. Mientras que la acción que mayor cantidad de impactos positivos produce son la reutilización del agua residual y el almacenamiento del agua filtrada.



Gráfica 23. Cantidad de impactos por actividad.

Capítulo VII

Análisis económico y financiero

7.1. Estudio de mercado - Análisis de la demanda.

En el presente capítulo se estudia y se analiza el comportamiento de la demanda del mercado, es decir, la demanda del hormigón elaborado a nivel nacional como así también para la región de Entre Ríos y Concordia en particular, con el objetivo de estimar y proyectar la demanda de dicho material el cual se deberá atender para los próximos años, de modo de extrapolar a los consumos de agua potable necesarios para la elaboración de hormigón y los volúmenes de agua residual posibles de generar, como así también para los ingresos respecto a la venta de hormigón, siendo éste el mecanismo principal de amortización de la inversión para las plantas hormigoneras que apliquen el sistema de tratamiento del agua residual de lavado de los camiones mixers.

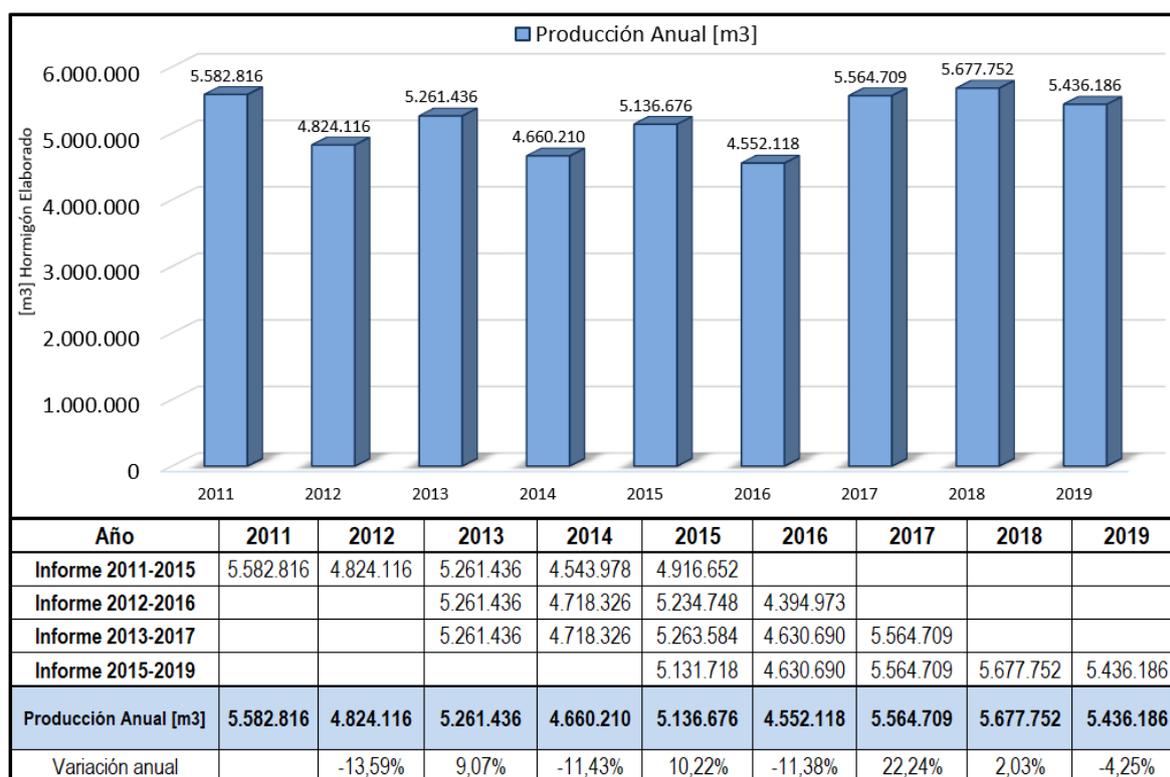
7.1.1. Demanda del sector – datos históricos.

Para el cálculo de la proyección de la demanda del hormigón elaborado, se tendrán en consideración los siguientes factores importantes:

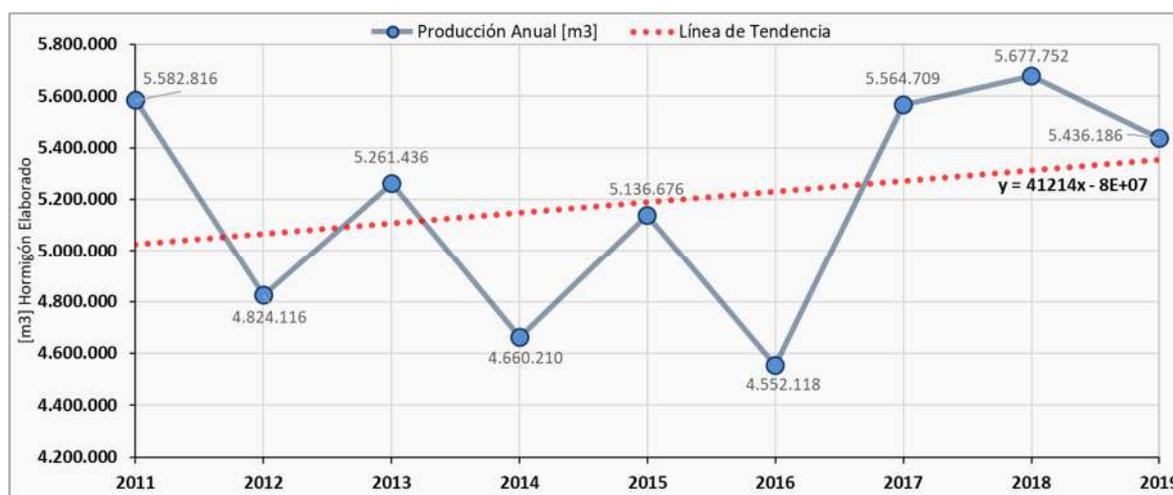
- I. El consumo de hormigón elaborado histórico a nivel nacional de los últimos años.
- II. El consumo de hormigón elaborado para la provincia de Entre Ríos.
- III. El consumo de hormigón elaborado para la ciudad de Concordia.
- IV. Demanda de cemento a nivel nacional. (Informes anuales del Instituto de Estadísticas y Registro de la Industria de la Construcción - IERIC).
- V. El indicador sintético de la actividad de la construcción (ISAC) emitido por INDEC.

7.1.1.1. Producción de hormigón en la Argentina.

En la **Gráfica 24** se puede observar, en base a los datos estadísticos informados por la Asociación Argentina de Hormigón Elaborado (A.A.H.E.)⁵³, la producción histórica de hormigón a nivel nacional, considerando las empresas hormigoneras asociadas, para el periodo 2011-2019, en la que el lector puede identificar una cierta tendencia entorno a los 5.000.000 [m³/año] de producción de hormigón, con una tasa promedio anual de crecimiento de 0,36% (ver **Gráfica 25**).



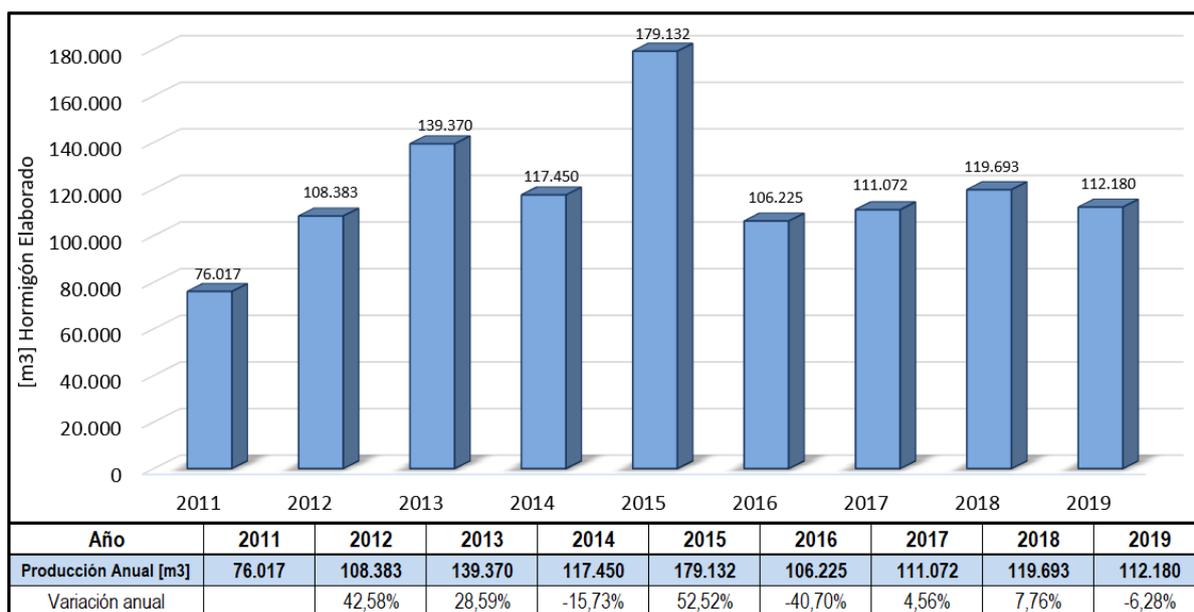
Gráfica 24. Producción de hormigón elaborado a nivel nacional. Fuente: AAHE.



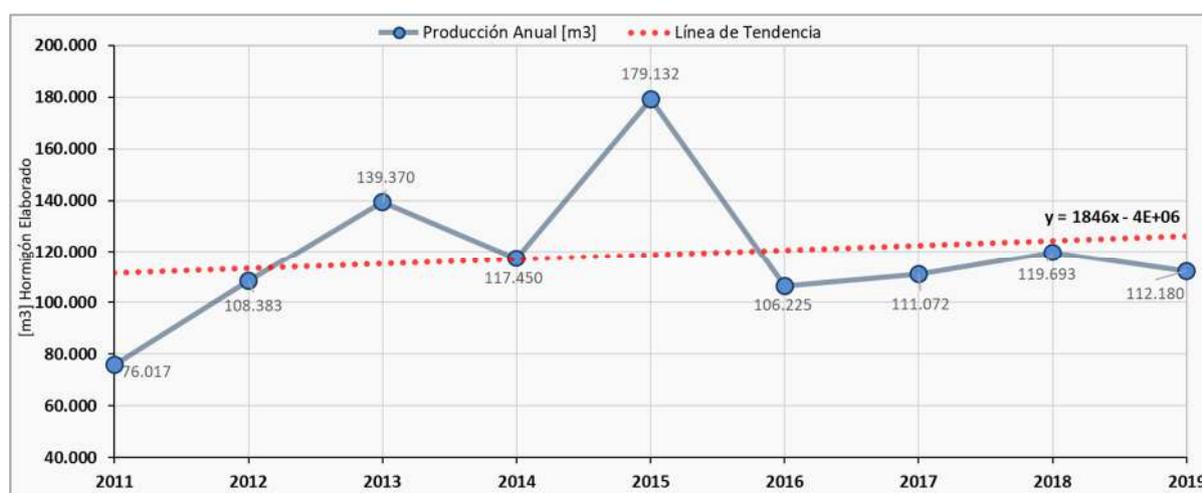
Gráfica 25. Variación anual de la producción hormigón elaborado a nivel nacional.
 Tasa de crecimiento.

7.1.1.2. Producción de hormigón en la provincia de Entre Ríos.

Para el análisis de la producción de hormigón elaborado a nivel provincial, en base a los datos informados por la Asociación Argentina de Hormigón Elaborado (A.A.H.E.)⁵³, se observa también una tendencia, entorno a los 110.00 [m³/año] (correspondiente al 2,2% de participación de la producción de hormigón a nivel nacional), con una importante suba para el año 2015, la cual se refleja tanto en la **Gráfica 26** de valores totales, como en la **Gráfica 27** de valores parciales discriminados por mes y año. Se observa además una tasa promedio de crecimiento anual de 9,16%.



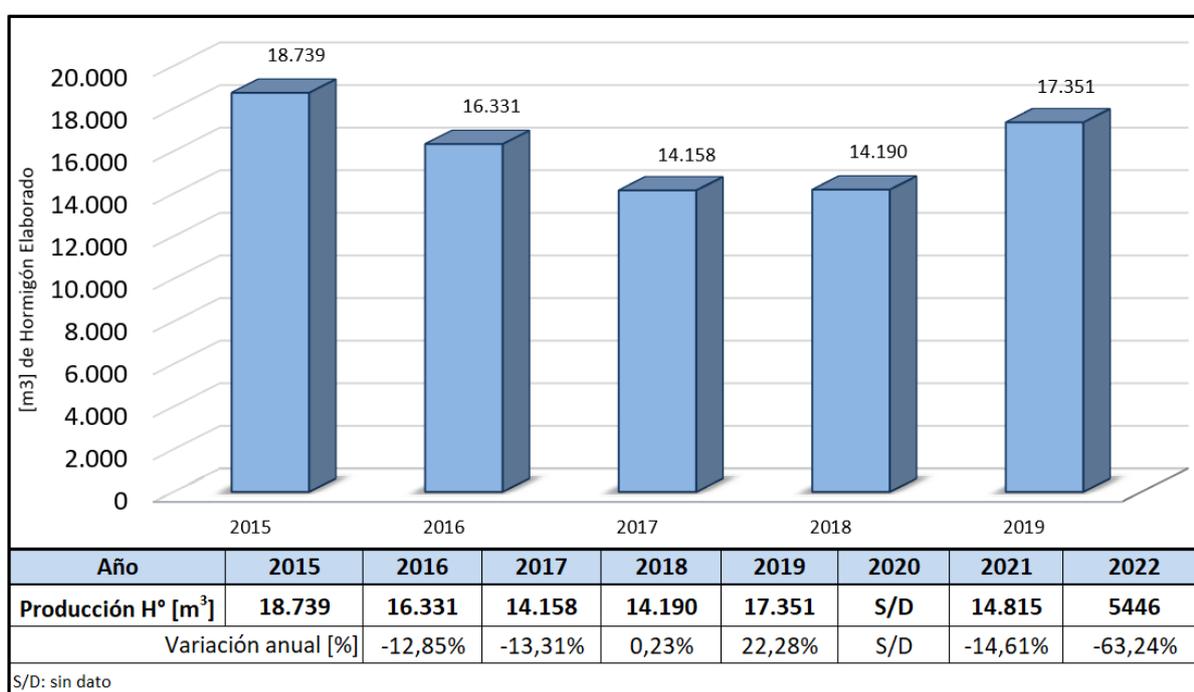
Gráfica 26. Total de producción en [m3] Hormigón Elaborado - Entre Ríos. Fuente: AAHE.



Gráfica 27. Variación anual de la producción de hormigón elaborado en [m3] - Entre Ríos.
 Fuente: AAHE.

7.1.1.3. Producción de hormigón en la ciudad de Concordia – empresa colaboradora.

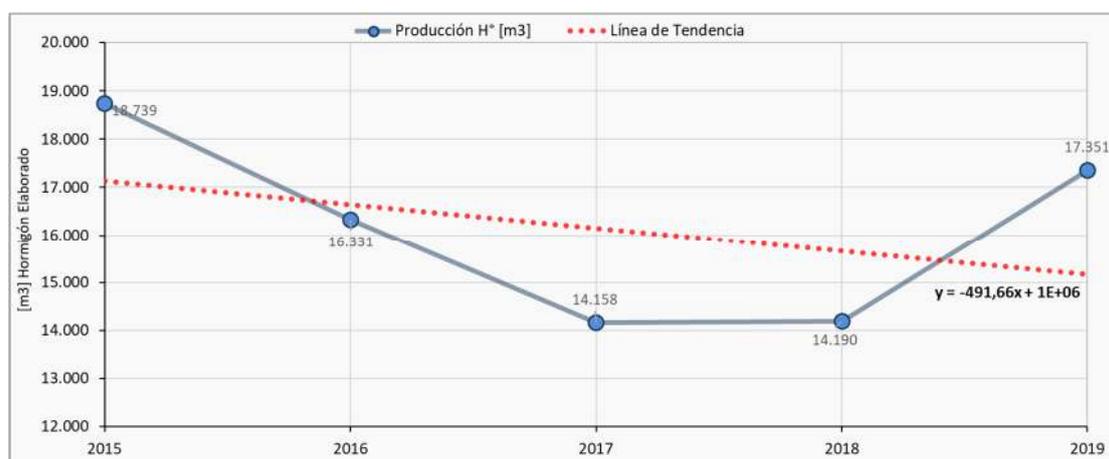
Para el caso de la ciudad de Concordia, si bien no existen indicadores de producción de la industria del hormigón elaborado emitidos por organismos de control, se cuenta con la base de datos de la empresa colaboradora Vecchio S.R.L., empresa en la cual se aplicará la obra. De dicha base de datos se obtuvieron registros completos de los consumos de hormigón desde el año 2015 hasta el año 2021. La empresa además se encuentra en un proceso de certificación de normas ISO 9001 para la gestión de la calidad, al momento del presente trabajo, motivo por el cual, a partir del año 2021, inició el diseño y la aplicación de un sistema digital de control de datos, contando con el registro de dichos datos.



Gráfica 28. Producción de hormigón elaborado a nivel local. Fuente: Base datos Vecchio S.R.L.

En la **Gráfica 28**, se puede observar que se realiza un análisis hasta el año 2019 al igual que para la producción a nivel nacional como provincial, considerando que a partir del año 2020 los registros observados se encuentran fuera del rango esperado, por los motivos antes mencionados de contexto de pandemia, razón por la cual a los fines prácticos del presente trabajo no corresponde su análisis.

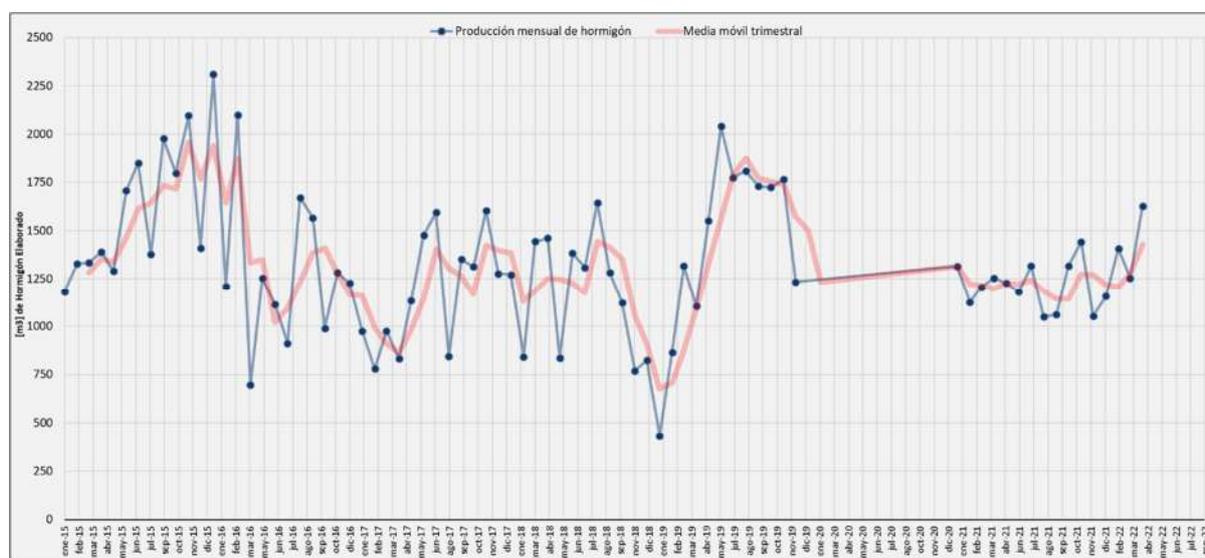
Se observa al igual que para los análisis anteriores, una tendencia entorno a un valor medio de 16.154 [m³] anuales, en cuanto a las cantidades de producción.



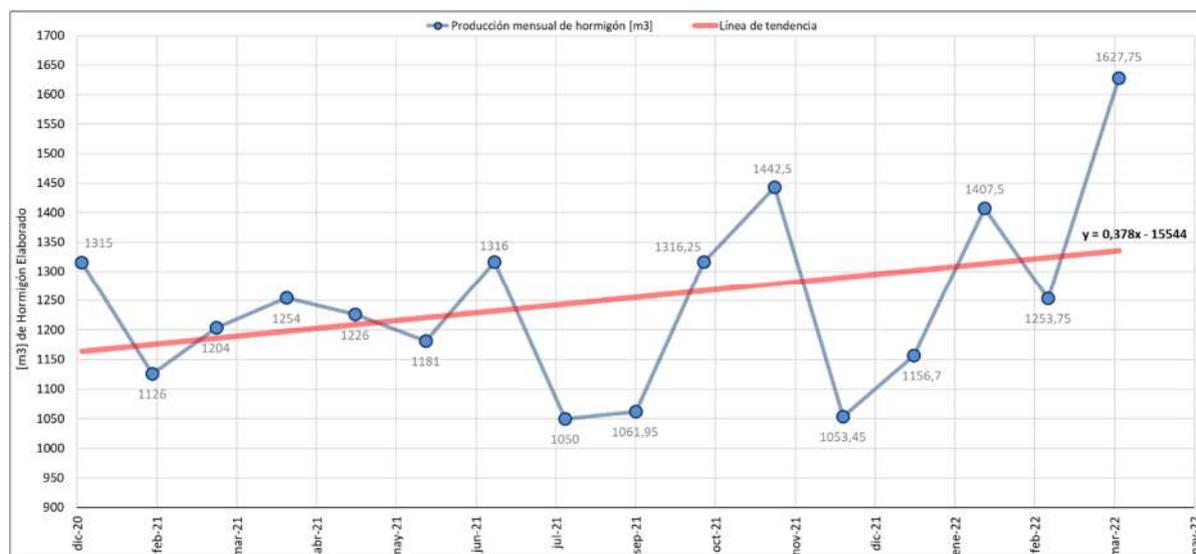
Gráfica 29. Variación anual producción de hormigón local. Fuente: Vecchio SRL

El lector puede notar en la Gráfica 28 y **Gráfica 29** que para el análisis anterior no se incluyó el periodo 2020-2022, puesto que a los fines del estudio estadístico de la tasa de crecimiento resultan incompletos. El primero por tratarse de un año en contexto de pandemia, motivo por el cual las actividades de la empresa cesaron o fueron escasas (los datos se cortan), mientras que para el periodo 2021-2022, se comenzó con la aplicación del sistema digital de control, aprovechando el cese de actividades, resultando los datos disponibles (N= 5 datos) insuficientes para el análisis de proyección anual de crecimiento al momento del presente trabajo. Se aprecia una tendencia a la baja de la variación promedio anual en contraposición a lo ocurrido para la producción a nivel nacional y provincial, con tendencias al alza, resultando la muestra NO REPRESENTATIVA.

Así mismo, se realiza un análisis de la media móvil trimestral, resultando la tendencia de mejor ajuste para todo el espectro de datos, de modo de visualizar la tendencia real existente de crecimiento de la producción, en concordancia con la reactivación de la actividad para el último periodo 2021-2022, tal como se observa en la **Gráfica 30**.



Gráfica 30. Producción de hormigón histórica mensual. Fuente: Empresa Vecchio SRL



Gráfica 31. Producción hormigón mensual - último periodo registrado.

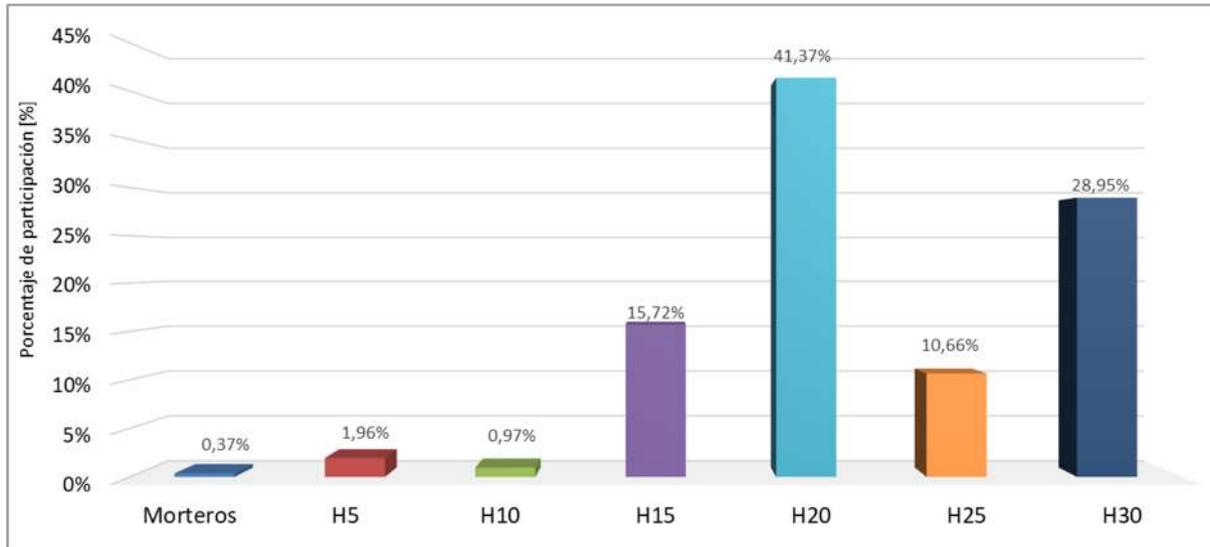
Fuente: Sistema Digital ERP Vecchio SRL.

Así, para el último periodo registrado de producción de hormigón mensual y siendo el primer periodo de registros en base a la aplicación de sistema digital ERP (Enterprise Resource Planning) de control para la calidad aplicado en la empresa, se puede observar en la **Gráfica 31**, que la tasa de crecimiento es creciente, con una variación promedio mensual 2,67%.

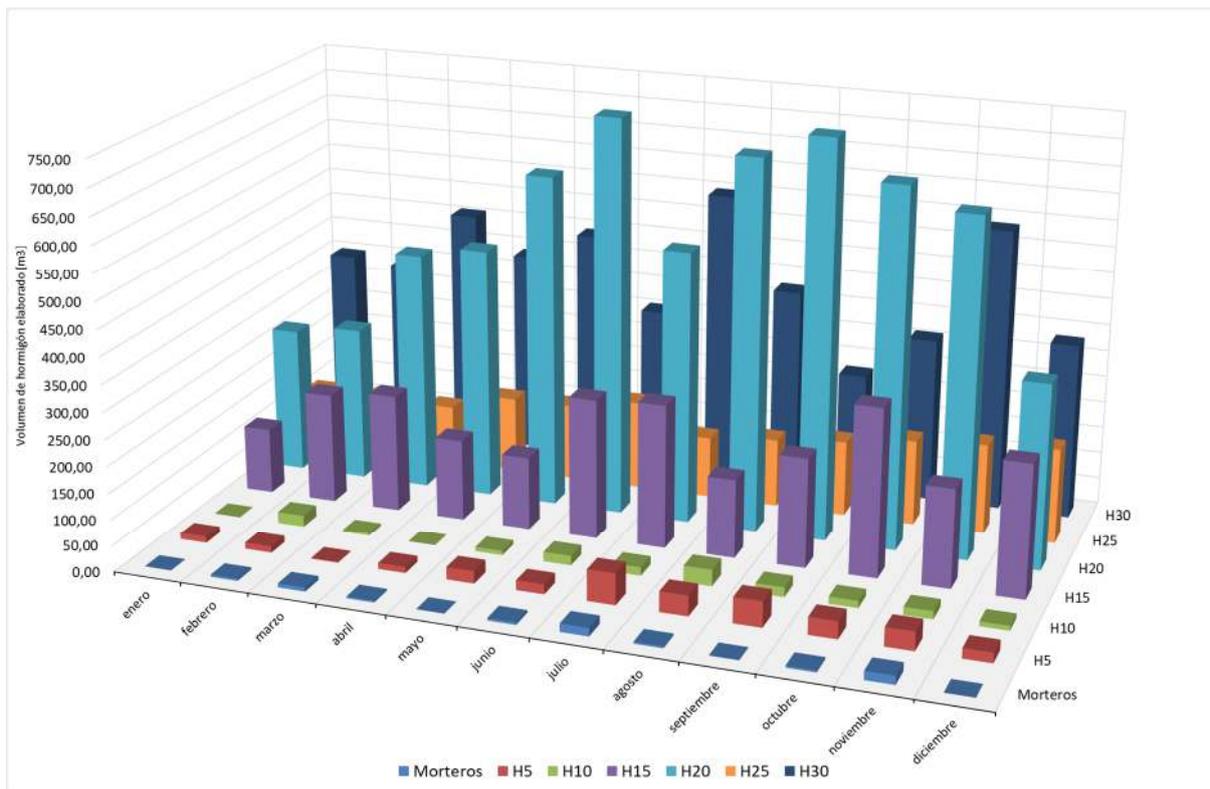
En base a dichos análisis de los registros de producción, se puede establecer que, en promedio, la demanda de hormigón a nivel local, posee una tendencia al alza, con la variabilidad que supone la economía existente mes a mes de las cantidades producidas.

Análisis en base a la demanda de hormigón elaborado según dosificaciones.

Se evalúa además la demanda discriminada por clase de hormigón, según clasificación CIRSOC 201/2005²⁸, considerando el promedio de consumo para el periodo 2015-2021, agrupando cada una de las dosificaciones comerciales existentes de la empresa, por clase resistente, de este modo, a partir de la **Gráfica 32** y **Gráfica 33** se observa que en promedio el volumen anual de demanda de hormigón es de 15948 [m³], dentro de los cuales la clase de hormigón más demandada es el H20 con un porcentaje de participación de 41,37%, secundado por el H30 con el 28,95%, seguidos en tercer lugar por el H15 con 15,72% y el H25 con el 10,66%, mientras que las clases de menor demanda se corresponden con aquellos hormigones de menor resistencia dentro de los cuales podemos encontrar hormigones de limpieza y morteros cuyo porcentaje de incidencia promedio anual es del orden de los 0,30% a 2,00%.



Gráfica 32. Incidencia porcentual promedio anual por clase resistente según CIRSOC 201/2005.
 Fuente: Sistema digital ERP Vecchio SRL



Gráfica 33. Demanda de hormigón por clase resistente según CIRSOC 201/2005.
 Fuente: Sistema digital ERP Vecchio SRL.

Mes y año de fecha	Morteros	H5	H10	H15	H20	H25	H30	Total por mes
enero	0,00	12,25	0,00	124,75	275,50	111,82	349,88	874,20
febrero	4,00	12,00	21,50	208,95	292,48	115,12	341,78	995,83
marzo	7,50	1,50	4,50	223,28	454,65	110,65	458,12	1260,20
abril	3,25	11,50	0,00	154,35	477,05	143,85	389,19	1179,19
mayo	0,00	23,50	8,00	138,50	630,00	145,25	443,85	1389,10
junio	4,50	18,50	18,00	265,83	829,88	168,10	305,68	1610,48
julio	15,50	59,25	15,88	272,95	516,75	116,25	548,85	1545,43
agosto	3,50	38,50	31,13	150,17	702,60	129,46	374,65	1430,00
septiembre	0,00	48,50	18,25	208,38	752,10	143,10	225,65	1395,98
octubre	3,75	33,00	13,50	318,75	678,63	162,25	310,75	1520,63
noviembre	16,50	35,75	15,00	188,28	639,25	172,60	536,38	1603,75
diciembre	0,00	19,00	9,00	252,50	349,63	181,10	332,50	1143,73
Total por clase	58,50	313,25	154,75	2506,67	6598,50	1699,55	4617,27	15948,48

Tabla 33. Demanda promedio de hormigón por clase resistente según CIRSOC 201/2005.

Fuente: Sistema digital ERP Vecchio SRL.

Análisis del precio por metro cúbico según clase resistente.

Se realiza un estudio del precio de comercialización de las diferentes dosificaciones de hormigón existentes en la empresa colaboradora, de modo de obtener un precio promedio de venta en base a los volúmenes obtenidos por clases resistentes, valor el cual se utilizará posteriormente para la determinación de las ganancias en el flujo de caja.

Se toma como referencia para el cálculo la última lista de precios comerciales disponible en coincidencia con el mes presupuestado marzo de 2022, brindado por la empresa Vecchio SRL. De esta forma el precio promedio de venta estimado es de 13.661,73 [\$/m³] o su equivalente en dólares estadounidenses de 124,81 [USD/m³], de modo de obtener una proyección futura con mayor validez, con el objetivo de utilizarlo como objetivo de comparación.

CLASE DE HORMIGÓN	PRECIO [\$/AR]	INCIDENCIA [%]	PRORRATEO
Morteros	\$ 11.434,63	0,37%	\$ 41,94
H5	\$ 10.260,35	1,96%	\$ 201,53
H10	\$ 10.784,88	0,97%	\$ 104,65
H15	\$ 12.790,51	15,72%	\$ 2.010,32
H20	\$ 13.511,07	41,37%	\$ 5.590,05
H25	\$ 13.399,08	10,66%	\$ 1.427,87
H30	\$ 14.802,07	28,95%	\$ 4.285,37
PRECIO PROMEDIO EN PESOS=			\$ 13.661,73
PRECIO PROMEDIO EN DOLARES=			USD 124,81

*Precio dólar mes marzo 2022 USD 109,46

Tipo de Cambio de Referencia - Comunicación "A" 3500 - BNA

Tabla 34. Precio por [m³] de hormigón según clase resistente. Fuente: Vecchio SRL.

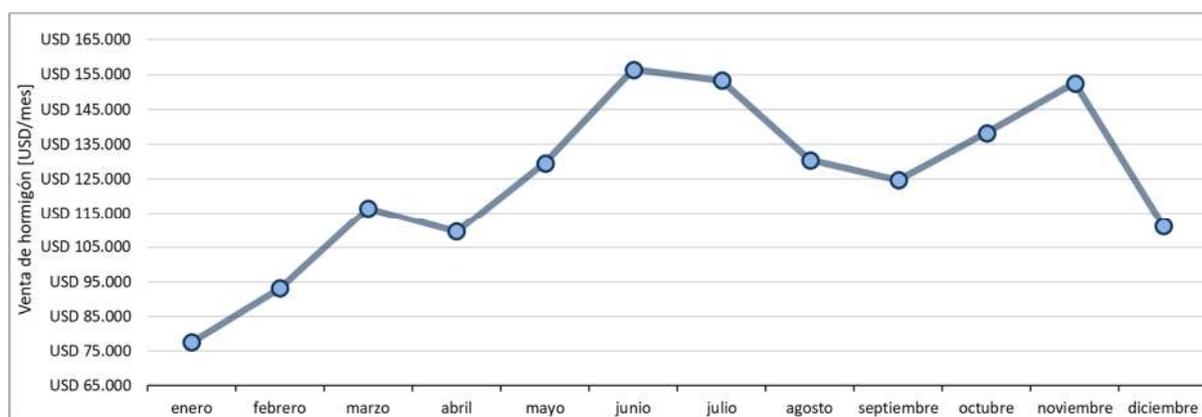
Ingreso por venta de metros cúbicos de hormigón anuales.

Luego en base a la demanda de hormigón por clase resistente, se calcula el ingreso promedio anual por ventas de hormigón, para el periodo analizado, tal como se observa en la **Tabla 35**, resultando un total de 104.081.869,72 [\$/año] o su equivalente en dólares de 1.493.614,84 [USD/año].

Mes y año de fecha	Venta mensual	venta en USD
enero	\$ 5.543.841,93	USD 77.567,11
febrero	\$ 5.971.422,97	USD 93.164,77
marzo	\$ 7.283.518,83	USD 116.504,64
abril	\$ 7.401.030,62	USD 109.600,46
mayo	\$ 8.438.994,34	USD 129.673,66
junio	\$ 9.563.852,40	USD 156.435,47
julio	\$ 9.748.182,24	USD 153.292,11
agosto	\$ 9.070.100,58	USD 130.503,57
septiembre	\$ 9.176.439,30	USD 124.782,82
octubre	\$ 10.738.831,57	USD 138.251,55
noviembre	\$ 12.145.637,30	USD 152.619,33
diciembre	\$ 9.000.017,63	USD 111.219,35
Venta promedio anual=	\$ 104.081.869,72	USD 1.493.614,84

*Tipo de cambio nominal promedio mensual base datos BNA

Tabla 35. Ventas mensuales periodo ene21-dic21. Fuente: Vecchio SRL.



Gráfica 34. Variación ventas de hormigón mensual periodo ene21-dic21. Fuente: Vecchio SRL.

Se observa un comportamiento creciente de las ventas anuales, creciendo desde el mes de enero con los periodos de ventas más fuertes para el segundo y tercer trimestre, con una tendencia a la baja para el mes de diciembre, comportamiento relacionado con la merma de la actividad de la construcción por periodos festivos o cierres de año, con los consecuentes menos días laborales disponibles, en coincidencia luego con la reactivación para el siguiente año.

7.1.1.4. Demanda de cemento a nivel nacional.

Para analizar la demanda de cemento a nivel nacional, se recurre a los informes de coyuntura anual emitidos por el Instituto de Estadística y Registro de la Industria de la Construcción (IERIC), en este caso para contar con una base de datos uniforme y completa, se recurre al

informe anual año 2020⁵⁴, contrastando con el último periodo informado, correspondiente al mes de marzo de 2022.

Como dato relevante, en el año 2020 la actividad económica experimentó una caída interanual del 9,9%, alcanzando el peor registro desde la salida de la convertibilidad. La irrupción de la pandemia del COVID-19 profundizó el comportamiento contractivo observado desde el año 2018, dando como resultado un 2,8% de caída promedio anual para el período 2016-2020.

El consumo de cemento del año 2020 fue de 9,7 millones de toneladas, registrando una baja interanual del 11,5% que consolidó la caída del bienio 2018-2019. Desde el año 2009 que este indicador no se ubicaba por debajo de los 10 millones de toneladas consumidas.

Según se desprende de la información provista por la Asociación de Fabricantes de Cemento Portland (AFCP), **la caída interanual del consumo de cemento estuvo impulsada por la modalidad a Granel (modalidad íntimamente relacionada con la producción/demanda de hormigón elaborado en plantas).**

Así, la modalidad a granel contrajo su participación en el total hasta alcanzar en 2020 un 29,6% del consumo total de cemento, mínimo registro de la serie iniciada en 2004, como se ilustra en el **Gráfico 35**.

Desde el punto de vista geográfico, la dinámica del consumo de cemento mostró en 2020 una caída en todas las regiones del país. Con una contracción interanual del 24,9% la Región Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) registró la caída más pronunciada, seguida por la Región Centro, que anotó una baja del 12,1%. En el Resto de las jurisdicciones el consumo se ubicó levemente por debajo de los valores del año 2019 (-0,3%).

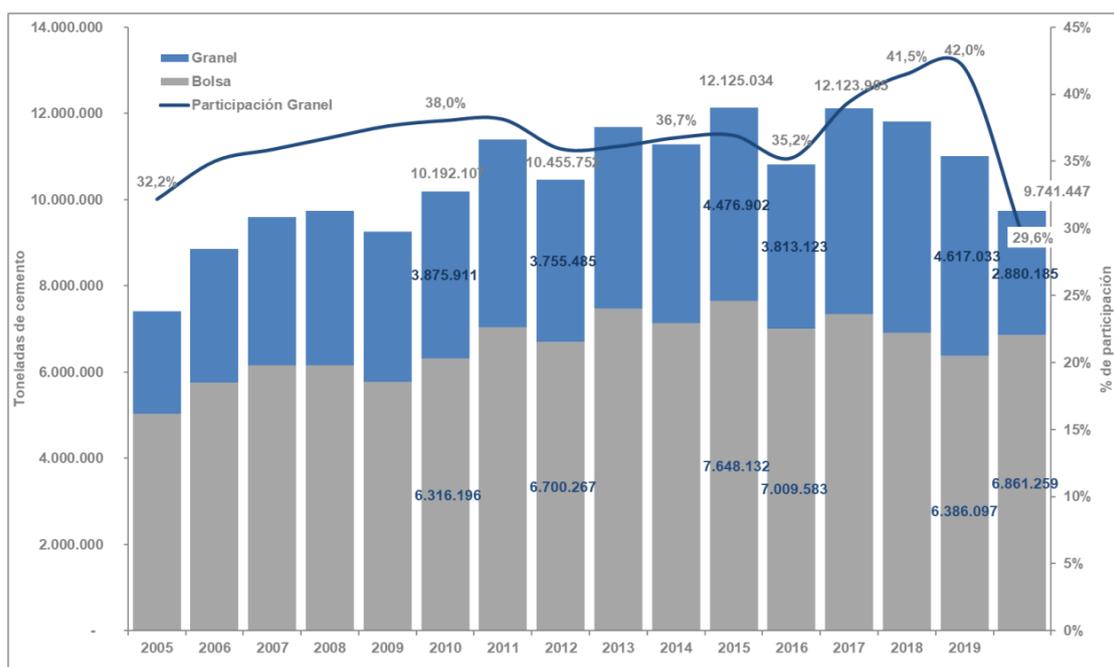
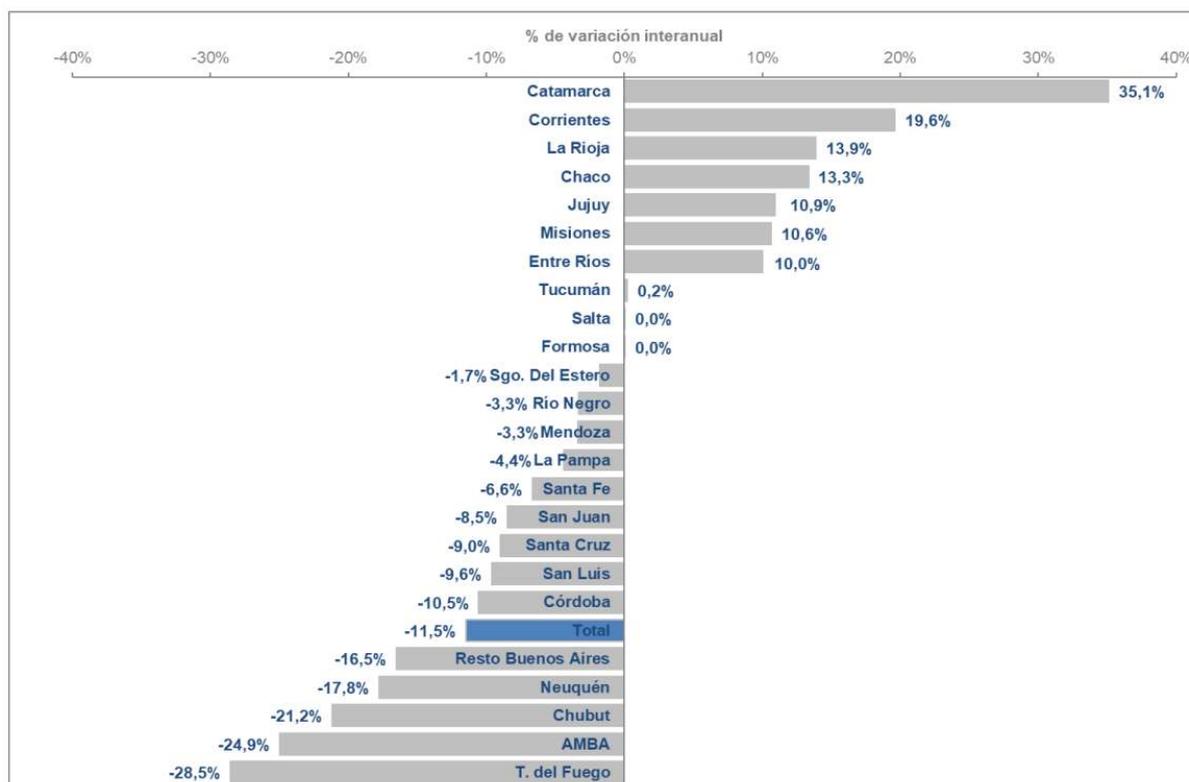


Gráfico 35. Consumo de cemento según tipo de envase. Nivel y participación. Fuente: IERIC.

Si se analiza a nivel provincial, la dinámica en el grueso de las provincias del norte del país contrasta con lo ocurrido en el resto del país. El desempeño de estas provincias contrastó notablemente con la fuerte contracción registrada en las provincias de la Patagonia, en la provincia de Buenos Aires y en CABA (**Gráfica 36**). Las provincias de Neuquén y Chubut, que habían registrado crecimiento el año anterior, se acoplaron a la dinámica recesiva de Tierra del Fuego, Santa Cruz y Río Negro, que, junto con San Luis, Santa Fe y Santiago del Estero atraviesan un ciclo contractivo que ya alcanza los tres años. Por su parte, el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA, incluyendo CABA y Gran Buenos Aires), también se ubicó en terreno negativo por tercer año consecutivo, traccionada tanto por lo ocurrido en las jurisdicciones del Gran Buenos Aires como en CABA, que registraron caídas del 22% y 43% respectivamente.

Cabe señalar que Entre Ríos fue la única provincia que mantuvo tasas de variación positiva tanto en 2019 como en 2020.

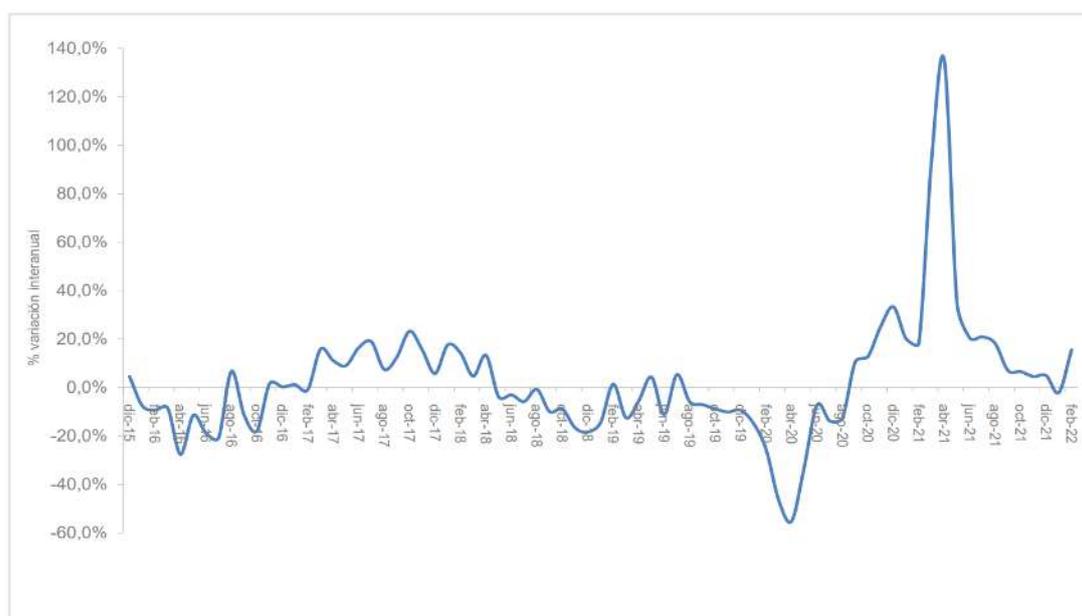


Gráfica 36. Consumo de cemento según jurisdicción. Variación interanual - Año 2020. Fuente: IERIC.

Luego en contraste al informe anual para el periodo 2020, en el último informe de coyuntura correspondiente al mes de marzo 2022, se evidencia que el consumo de cemento revirtió en febrero la caída del 2% con que iniciara el año, en el contexto de pandemia generalizado y se elevó un 15,6% respecto a los niveles de un año atrás, la mayor tasa interanual desde agosto del 2021. Este indicador quedó así en sus máximos niveles históricos para el mes de febrero de 2022, logrando superar por un 1,9 % su marca de 2018. El mayor impulso para ese incremento provino de los despachos de cemento a granel, que se elevaron un 27,2 %.

El crecimiento de febrero del 2022 fue generalizado a nivel territorial, aunque estuvo especialmente impulsado por el comportamiento de las grandes jurisdicciones. Estas elevaron su consumo un 17,6%, mientras que las restantes jurisdicciones lo hicieron en un 12,5%. No obstante, cabe destacar que estas últimas tuvieron su mayor tasa de variación interanual desde abril del año 2021.

Además, para las restantes jurisdicciones este se transformó en el mes de febrero de 2022 con mayor consumo de cemento, superando por un 1,4% su marca previa más elevada, correspondiente a 2015. Por el contrario, en el caso de las grandes jurisdicciones, el nivel de consumo quedó por debajo del observado en el mismo mes de 2018 y, sobre todo, 2019 (-0,8% y -3,4%, respectivamente).



Gráfica 37. Consumo de cemento. Variación interanual. Dic. 2015-Feb2022. Fuente: IERIC.

El proceso de expansión fue generalizado a nivel territorial, con tan sólo 5 jurisdicciones que consumieron menos cemento que un año atrás: en orden creciente, Tierra del Fuego, Jujuy, Chubut, Río Negro y La Pampa. Del otro lado, el alza estuvo liderada por la provincia de San Luis. Pero es de resaltar que detrás suyo se ubicaron el Área Metropolitana de Buenos Aires, en donde elevó un 26,9%; y la provincia de Tucumán, que a partir de enero de 2022 revirtió la tendencia contractiva que había reflejado durante el segundo semestre de 2021, y se incrementó un 25,1%.

Ahora bien, cuando se compara con febrero de 2019, fueron 7 las provincias que experimentaron un menor nivel de consumo, lideradas por Chubut, y entre las que se encuentran Córdoba y el Área Metropolitana de Buenos Aires. Mientras que es la provincia de Catamarca, con el 80%, la que más se eleva, secundada de lejos por las provincias de Chaco, Corrientes y Entre Ríos.

7.1.1.5. Indicador sintético de la construcción ISAC.

De acuerdo con el informe presentado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina (INDEC), el indicador sintético de la actividad de la construcción (ISAC) muestra la evolución del sector tomando como referencia los consumos aparentes de insumos requeridos en la construcción. Para el cálculo del ISAC se consideran, en términos de volumen físico, los siguientes insumos:

- a. Asfalto.
- b. Cales.
- c. Cemento Pórtland.
- d. Grifería.
- e. Hierro redondo y aceros para la construcción.
- f. Hormigón elaborado.**
- g. Ladrillos huecos.
- h. Mosaicos graníticos y calcáreos.
- i. Pinturas para la construcción.
- j. Pisos y revestimientos cerámicos.
- k. Placas de yeso.
- l. Sanitarios de cerámica.
- m. Tubos de acero sin costura.
- n. Vidrio plano para la construcción.
- o. Yeso.

Como es sabido, es de interés para el presente trabajo el insumo “Hormigón Elaborado” puntualmente, del cual se realiza evaluación.

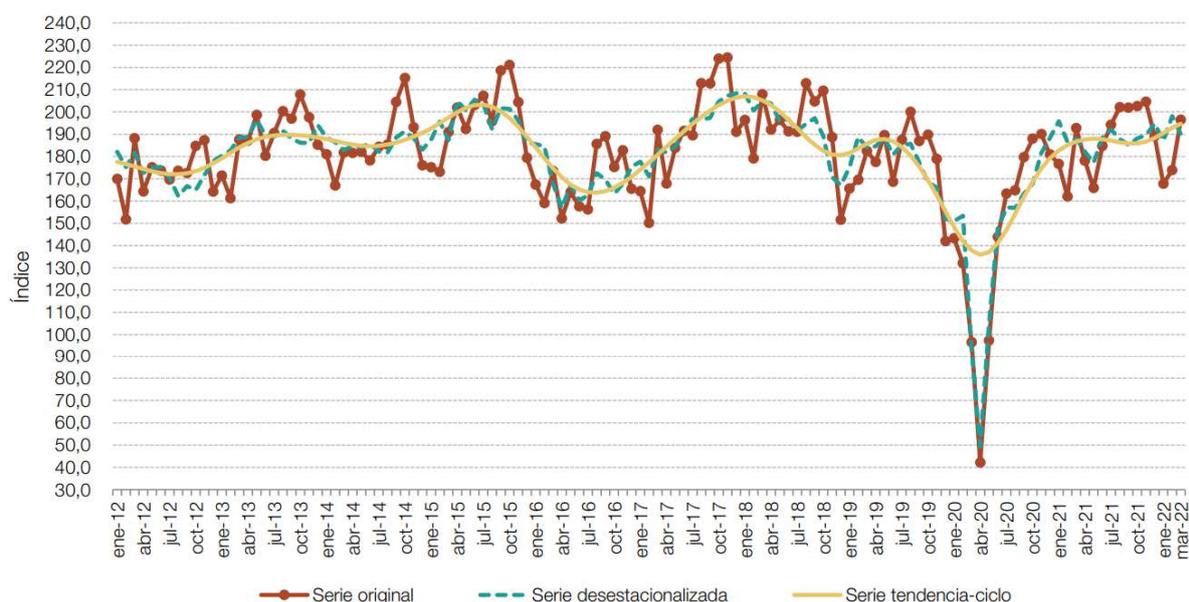
A nivel general, a partir de la **Tabla 36** y la **Gráfica 38**, se puede observar que, en enero de 2022, el indicador ISAC mostraba una baja del 5,0% respecto a igual mes del 2021, con una variación negativa de 3,9% para la serie desestacionalizada y el índice de tendencia-ciclo con una variación positiva de 0,8%, ambos respecto a diciembre 2021. En marzo de 2022, el indicador mostraba una suba de 1,9% respecto a igual mes del 2021, mientras que el acumulado del primer trimestre de 2022 presentaba una suba de 1,3% respecto a igual periodo de 2021, con una variación negativa de 4,1% respecto al mes de febrero para la serie desestacionalizada y el índice de tendencia-ciclo con una variación positiva de 1,0% respecto al mes anterior de 2022.

En cuanto a los datos del consumo aparente de los insumos para la construcción en marzo de 2022 muestran, con relación a igual mes del anterior, subas de 7,5% para el cemento Portland y un 4,3% para el hormigón elaborado. Por su parte si se analizan las variaciones del acumulado durante el primer trimestre de 2022 en su conjunto en relación a igual periodo del año anterior, subas de 6,8% en cemento Portland y de 2,8% en hormigón elaborado.

Periodo	Índice serie original			Índice serie desestacionalizada (¹)		Índice serie tendencia-ciclo		
	ISAC nivel general	Variación porcentual		ISAC nivel general	Variación porcentual respecto al mes anterior	ISAC nivel general	Variación porcentual respecto al mes anterior	
		respecto al mismo mes del año anterior	acumulada del año respecto a igual acumulado del año anterior					
Números índice		%		Números índice		%		
2021	Enero	176,6	23,3	23,3	195,8	4,0	182,7	1,9
	Febrero	162,0	22,7	23,0	186,6	-4,7	185,1	1,3
	Marzo	192,8	99,8	42,9	188,0	0,7	186,7	0,9
	Abril	178,1	322,0	71,4	182,1	-3,1	187,7	0,5
	Mayo	165,9	70,4	71,2	177,2	-2,7	188,0	0,2
	Junio	184,7	28,4	61,8	188,5	6,4	187,8	-0,1
	Julio	194,2	18,9	53,2	192,1	1,9	187,2	-0,3
	Agosto	202,1	22,7	48,1	187,9	-2,2	186,4	-0,4
	Septiembre	201,9	12,4	42,6	185,2	-1,4	185,8	-0,3
	Octubre	202,7	7,8	37,8	188,2	1,6	185,8	0,0
	Noviembre	204,6	7,7	34,1	189,5	0,7	186,7	0,4
	Diciembre	189,1	4,5	31,0	194,8	2,8	188,3	0,9
2022	Enero	167,7	-5,0	-5,0	187,0	-4,0	190,5	1,2
	Febrero	173,8	7,3	0,9	198,1	5,9	192,8	1,2
	Marzo	196,5	1,9	1,3	189,9	-4,1	194,7	1,0

Fuente: INDEC, Dirección Nacional de Estadísticas Económicas. Dirección de Estadísticas Mineras, Manufactureras, Energéticas y de la Construcción.

Tabla 36. ISAC. Serie original, desestacionalizada y tendencia-ciclo. Ene. 2021-mar.2022



Fuente: INDEC, Dirección Nacional de Estadísticas Económicas. Dirección de Estadísticas Mineras, Manufactureras, Energéticas y de la Construcción.

Gráfica 38. ISAC. Serie original, desestacionalizada y tendencia-ciclo. Ene.2021-mar.2022.

Perspectivas para el periodo febrero 2022 – junio 2022.

Los resultados obtenidos por la encuesta cualitativa de la construcción, realizada a grandes empresas del sector, muestran expectativas favorables con respecto al nivel de actividad esperado para el período febrero 2022-junio 2022, tanto se dediquen a realizar principalmente obras privadas como públicas.

En efecto, 58,6% de las empresas que realizan principalmente obras privadas prevé que el nivel de actividad del sector no cambiará durante los próximos tres meses, mientras que 29,3% estima que aumentará y 12,1%, que disminuirá. Las empresas que estiman una suba del nivel de actividad durante los próximos tres meses, la atribuyen fundamentalmente a nuevos planes de obras públicas (29,4%), al crecimiento de la actividad económica (24,5%) y al reinicio de obras públicas (20,6%), entre otros factores.

Entre las empresas dedicadas fundamentalmente a la obra pública, 46,4% opina que el nivel de la actividad no cambiará durante el período febrero 2022-abril 2022, mientras que 45,1% cree que aumentará y 8,5%, que disminuirá. Quienes estiman una suba del nivel de actividad durante los próximos tres meses, la atribuyen a nuevos planes de obras públicas (37,0%), al reinicio de obras públicas (26,6%) y al crecimiento de la actividad económica (22,9%), entre otros motivos.

Al respecto del tipo de obras que se realizarán en los próximos tres meses, las empresas que se dedican principalmente a las obras privadas repartieron sus respuestas de la siguiente manera: viviendas, 18,6%; otras obras de arquitectura, 10,8%; edificios industriales, 9,9%; obras viales y pavimentación, 9,4 %; edificios comerciales, 9,3%; y montajes industriales, 9,3%; entre otras. Por su parte, las empresas que se dedican fundamentalmente a obras públicas respondieron principalmente construcción de obras viales y de pavimentación, 23,5%; otras obras de arquitectura, 16,6%; distribución de agua y cloacas, 12,7%; viviendas, 11,7%; e infraestructura de transporte, 7,7%; entre otras.

Con respecto a la evolución de las necesidades crediticias para los próximos tres meses, 35,1% de los respondientes dedicados a obras privadas estima que no variarán, 31,6% cree que aumentarán, 31,5% no toma créditos, y 1,8% dijo que no hay acceso al crédito. Entre los empresarios dedicados a obras públicas, 43,7% cree que aumentarán, 36,6% dijo que no variarán, 18,3% no toma créditos y 1,4% dijo que no hay acceso al crédito. Las necesidades de crédito de las empresas se canalizan mayoritariamente a través del sistema bancario. Las empresas que realizan principalmente obras privadas y aquellas que se dedican mayormente a la obra pública toman crédito en 69,9% y 71,5%, respectivamente, de las bancas privada y pública.

7.1.2. Proyección de la demanda local.

Para analizar la proyección de la demanda local en cuanto a la producción de hormigón elaborado, se parte de estimar la demanda máxima en base a un análisis por regresión lineal, tomando como fuente, los datos históricos de la producción informada por la empresa colaboradora, lo que representa el comportamiento actual de la empresa, en consecuencia, los datos obtenidos reflejarán el comportamiento futuro de la demanda en función de los datos de producción registrados. A su vez, se contrastan dichos resultados de acuerdo a las proyecciones de los demás indicadores analizados anteriormente, los que en conjunto indican una cierta distribución estable en el tiempo, lo cual se debe principalmente a la variabilidad de los costos y a la inestabilidad económica nacional, observando periodos de consumo y periodos de escasos contrapuestos.

Se debe tener especial consideración, además, a la alteración de los datos sufridas para el periodo 2020 en adelante por cuestiones de contexto de pandemia, motivo por el cual no resulta correcto realizar proyecciones para periodos grandes en torno a los 10 años, puesto que los datos analizados antes y después del periodo indicado no tienen una relación estadística normal. De esta forma las proyecciones a realizar en base a los datos previos al año 2020 deberán ser cortas y conservadoras.

Considerando a su vez que en general, se puede asumir que el comportamiento local responde de una manera similar al comportamiento provincial en base al análisis de los indicadores y el contexto antes mencionados, se adopta la misma tasa de crecimiento para realizar la proyección de la demanda de hormigón para un periodo de 8 años.

A partir de los datos de la **Gráfica 28** “Producción de hormigón elaborado a nivel local. Fuente: Base datos Vecchio S.R.L.”, se obtiene la proyección de la demanda máxima de hormigón elaborado, con una tasa media de crecimiento anual de 9,16%.



Gráfica 39. Demanda de Hormigón Elaborado - Tendencia histórica.

7.1.2.1. Escenarios de proyección.

Se plantean tres escenarios posibles para la estimación de la demanda, en base al análisis del contexto realizado en los párrafos anteriores, tanto para el ámbito nacional y provincial, de los consumos de hormigón elaborado, cemento a granel e índices de la construcción.

De acuerdo a ello se plantean los siguientes escenarios:

I. Escenario pesimista: 1,9% anual.

Es decir, que la demanda de hormigón elaborado se mantenga en una tasa de crecimiento muy baja, sin variaciones significativas y con la actividad de la construcción estancada sin cambios importantes, en correlación con el índice ISAC interanual (ver **Tabla 36**. ISAC. Serie original, desestacionalizada y tendencia-ciclo. Ene. 2021-mar.2022) y la tasa de variación anual de la demanda de hormigón elaborado a nivel nacional (ver sección **7.1.1.1**. Producción de hormigón en la Argentina).

II. Escenario intermedio: 4,3% anual.

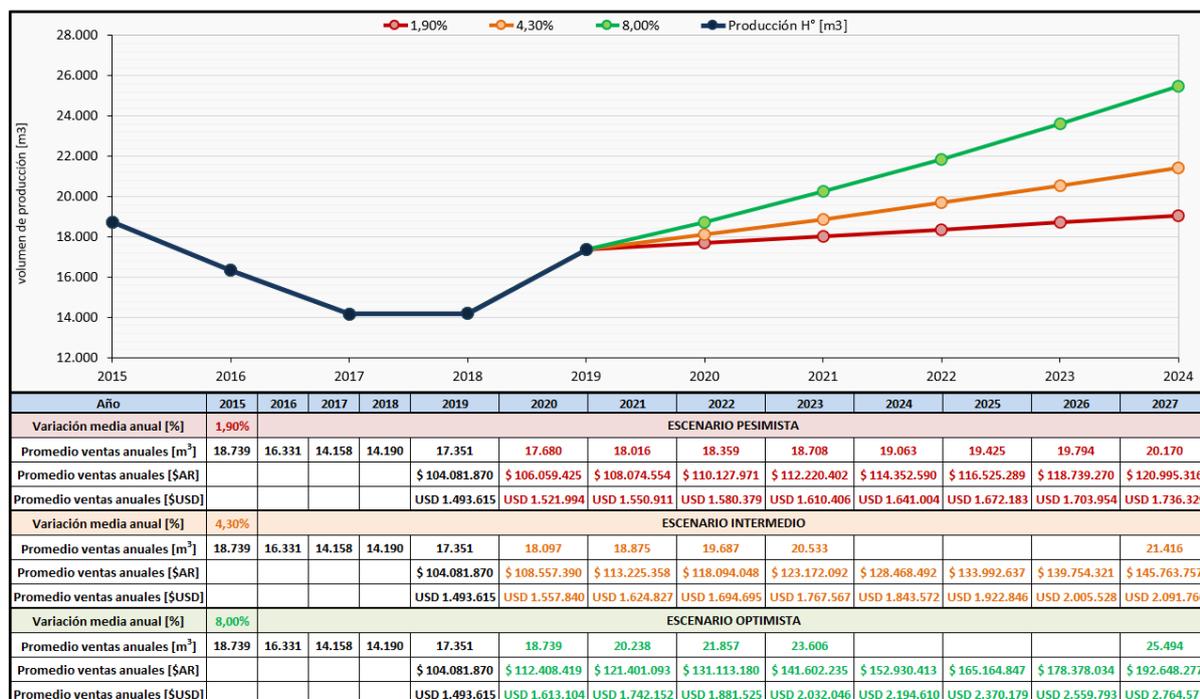
Es decir, que la demanda de hormigón elaborado mantenga un crecimiento conservador, con la actividad de la construcción en proceso de reactivación, con aumento de la actividad privada y en correlación al índice ISAC interanual para el consumo del insumo hormigón elaborado informado (Instituto de Estadística y Registro de la Industria de la Construcción, 2020)⁵⁵.

III. Escenario optimista: 8,0%.

Es decir, que la demanda de hormigón elaborado presente una suba significativa, producto de la reactividad de la construcción en el ámbito privado como público, en correlación a la tasa de variación anual a nivel provincial, entorno a dicho valor (ver sección **7.1.1.2**. Producción de hormigón en la provincia de Entre Ríos.) pero sin superarlo.

7.1.2.2. Comparación de escenarios.

Se indica a continuación a partir de la **Gráfica 40**, la comparación de los tres escenarios planteados en función de la proyección de la demanda, durante el periodo de 8 años establecido.



Gráfica 40. Comparación de escenarios de proyección de la demanda de Hormigón Elaborado. T=8 años.

7.1.2.3. Proyección del ingreso anual.

A continuación, se proyectan las ganancias, considerando el promedio de ventas anuales a partir del año 2019, con un valor inicial de 104.081.869,72 [\$/año] o su equivalente en dólares de 1.493.614,84 [USD/año], con las tasas de crecimiento estimadas anteriormente en base a los horizontes de posibilidad evaluados, tal como se puede observar en la **Tabla 37**.

ESCENARIOS	PESIMISTA		INTERMEDIO		OPTIMISTA	
Año	1,90%		4,30%		8,00%	
2019	\$ 104.081.869,72	USD 1.493.614,84	\$ 104.081.869,72	USD 1.493.614,84	\$ 104.081.869,72	USD 1.493.614,84
2020	\$ 106.059.425,24	USD 1.521.993,52	\$ 108.557.390,12	USD 1.557.840,27	\$ 112.408.419,30	USD 1.613.104,02
2021	\$ 108.074.554,32	USD 1.550.911,39	\$ 113.225.357,89	USD 1.624.827,41	\$ 121.401.092,84	USD 1.742.152,34
2022	\$ 110.127.970,85	USD 1.580.378,71	\$ 118.094.048,28	USD 1.694.694,98	\$ 131.113.180,27	USD 1.881.524,53
2023	\$ 112.220.402,30	USD 1.610.405,91	\$ 123.172.092,36	USD 1.767.566,87	\$ 141.602.234,69	USD 2.032.046,49
2024	\$ 114.352.589,94	USD 1.641.003,62	\$ 128.468.492,33	USD 1.843.572,24	\$ 152.930.413,46	USD 2.194.610,21
2025	\$ 116.525.289,15	USD 1.672.182,69	\$ 133.992.637,50	USD 1.922.845,85	\$ 165.164.846,54	USD 2.370.179,03
2026	\$ 118.739.269,65	USD 1.703.954,16	\$ 139.754.320,91	USD 2.005.528,22	\$ 178.378.034,26	USD 2.559.793,35
2027	\$ 120.995.315,77	USD 1.736.329,29	\$ 145.763.756,71	USD 2.091.765,93	\$ 192.648.277,00	USD 2.764.576,82

Tabla 37. Proyección de las ventas anuales - escenarios posibles.

7.2. Inversión inicial.

Para el caso de la inversión inicial, necesaria para la ejecución de la obra, se considera el presupuesto definitivo al mes de marzo de 2022, calculado anteriormente mediante el análisis de precios realizado en el **capítulo IV “Cómputo y Presupuesto”**, a partir del cual se determina el costo financiero del proyecto a realizar, el cual asciende a la suma de ***Pesos Diez Millones, Trescientos Diecinueve Mil, Doscientos Catorce, con 32/100 ctvs. (10.319.214,32 \$AR)*** o su equivalente en ***Dólares Noventa y Cuatro Mil, Doscientos Setenta y Cinco, con 13/100 ctvs. (94.275,13 USD)***.

7.3. Financiamiento.

Al tratarse de una inversión del tipo productiva y/o industrial para las pequeñas y medianas empresas de la industria del hormigón elaborado, se debe considerar especialmente la rentabilidad del proyecto, a su vez al tener un aspecto ambiental, que agrega valor a la cadena de producción, se la puede enmarcar dentro de programas de financiamiento que fomenten este tipo de iniciativas. En dicho marco de análisis, las fuentes de financiamiento posibles pueden ser entes bancarios privados y/u organismos estatales o fuentes públicas, tales como:

→ **C.A.F.E.S.G. (Comisión Administradora para el Fondo de Salto Grande):**

Al enmarcar el proyecto como aporte y desarrollo regional, este organismo es una importante fuente de financiamiento potenciadora de proyectos locales, mediante la aplicación de diferentes políticas de desarrollo económico, por medio de su Micro Banco Región de Salto Grande. En el caso construcción de infraestructura productiva e infraestructura de comercialización en sitio propio brindan un financiamiento de hasta el 50% del monto del proyecto.

→ **B.I.C.E. (Banco de Inversión y Comercio Exterior):**

A través de la “Línea de proyectos de inversión en sectores estratégicos para el desarrollo económico y social del país” con fondeo del FONDEP (Fondo Fiduciario Nacional de desarrollo productivo), dependiente del Ministerio de Producción y Trabajo de la Nación, otorgan préstamos a través de las diferentes entidades bancarias tales como Banco de la Nación Argentina, Banco de Entre Ríos, Credicoop, BBVA, etc., con tasas bonificadas de hasta un 36%, proyectos de hasta \$70 millones de pesos, con 7 años de plazo.

→ **Banco de Entre Ríos:**

Otorga financiamiento a pequeñas y medianas empresas radicadas en la Provincia de Entre Ríos, con plazos de hasta 48 meses, a tasas variables BADLAR, montos de hasta \$10 millones de pesos.

→ **Banco Credicoop:**

Por medio de su “Línea de Crédito para el Desarrollo Sostenible”, impulsan mejoras que acompañen la disminución del impacto ambiental, cumpliendo con las necesidades de crecimiento e inversión de forma eficiente y sustentable. Destinado a compañías con impacto social, ambiental y económico.

Para el presente proyecto, se plantea la financiación a través de la línea de proyectos de inversión con fondos del FONDEP otorgados por el Banco de Entre Ríos, donde el 20% es aportado por la empresa ejecutora mientras que el restante 80% es solicitado mediante el préstamo bancario que tendrá las siguientes características:

- a) **Monto financiado: 8.255.371,45 [\$AR]** (o su equivalente 75.420,10 USD).
- b) Moneda: Pesos argentinos.
- c) Plazo del crédito: 5 años.
- d) Período de gracia: 1 año sobre el capital.
- e) Amortización: mensual de capital e intereses.
- f) Sistema de amortización: francés (pago de cuotas constantes).
- g) Tasa de interés: TNA 22%.
- h) Beneficiarios: Podrán ser beneficiarios aquellas Micro, Pequeñas y Medianas Empresas de acuerdo a la Resolución N°220/2019 y sus modificatorias, que cuenten con certificado MiPyME vigente, que desarrollen alguna de las actividades contenidas en el listado de CLAE (Nomenclador de Actividades Económicas - AFIP), y que lleven adelante un proyecto de inversión productiva dentro de la provincia de Entre Ríos, en este caso corresponde a la industria manufacturera, fabricación de productos minerales no metálicos N.C.P. "Elaboración de Hormigón".

Se realiza la conversión de la tasa de interés anual a mensual, considerando la frecuencia de desembolso a realizar por el préstamo bancario, mediante la siguiente fórmula:

$$T.E.M. = (1 + T.E.A.)^{1/12} - 1 = 1,67\%$$

Se debe tener en cuenta, además, el valor de las cuotas de repago, a desembolsar por el sistema de amortización francés, cuyo valor se mantiene constante, de modo que resulta:

$$\% \text{ cuota} = \frac{T.E.M.}{1 - (1 + T.E.M.)^{-12}} = 9,26\%$$

7.4. Recupero de la inversión.

Se plantea el escenario en el cual el capital invertido para la concreción del proyecto, es recuperado a través de la venta y comercialización de hormigón elaborado. Se puede considerar, además, para el caso en que se reutilicen los materiales tales como el agua de lavado y los agregados gruesos recuperados, como un ahorro, debido a la reutilización de dichos materiales en la elaboración y/o comercialización de hormigón.

7.5. Capital de Trabajo.

Se considera para la determinación del capital de trabajo promedio anual, necesario para ejecutar y llevar adelante en el corto plazo, las tareas de operación y mantenimiento en la venta y comercialización de hormigón elaborado, el porcentaje de incidencia promedio por variables interviniente, en base al promedio de ventas anuales calculado anteriormente, de esta forma se observa, en la **Tabla 38**, que para el primer año de producción se requieren de \$72.533.826,21 de pesos (o su equivalente en dólares 1.040.888,29 [USD]).

Capital de trabajo promedio anual				
Item	Insumo	Promedio	Precio [\$AR]	Precio [USD]
Materias Primas	Cemento	34,730%	\$ 36.148.119,03	USD 518.739,40
	Agua	0,003%	\$ 2.616,35	USD 37,55
	Arena	7,942%	\$ 8.266.195,83	USD 118.623,09
	Piedra	18,840%	\$ 19.609.270,31	USD 281.400,57
	Aditivo	1,314%	\$ 1.367.496,34	USD 19.624,10
Elaboración Mantenimiento	Mixers	1,500%	\$ 1.561.228,05	USD 22.404,22
	Planta	1,809%	\$ 1.883.321,75	USD 27.026,39
	Mano de obra - Mantenimiento	1,135%	\$ 1.181.080,86	USD 16.948,96
	Maquinaria y equipos	1,950%	\$ 2.029.596,46	USD 29.125,49
	Electricidad	0,466%	\$ 484.901,23	USD 6.958,52
TOTAL		70%	\$ 72.533.826,21	USD 1.040.888,29

Tabla 38. Capital de trabajo promedio anual en base a las ventas de hormigón elaborado.

De esta manera, la proyección del capital de trabajo, para cada escenario resulta:

ESCENARIOS	PESIMISTA		INTERMEDIO		OPTIMISTA	
Año	1,90%		4,30%		8,00%	
2019	\$ 72.533.826,21	USD 1.040.888,29	\$ 72.533.826,21	USD 1.040.888,29	\$ 72.533.826,21	USD 1.040.888,29
2020	\$ 73.911.968,90	USD 1.060.665,16	\$ 75.652.780,73	USD 1.085.646,48	\$ 78.336.532,30	USD 1.124.159,35
2021	\$ 75.316.296,31	USD 1.080.817,80	\$ 78.905.850,31	USD 1.132.329,28	\$ 84.603.454,89	USD 1.214.092,10
2022	\$ 76.747.305,94	USD 1.101.353,34	\$ 82.298.801,87	USD 1.181.019,44	\$ 91.371.731,28	USD 1.311.219,46
2023	\$ 78.205.504,76	USD 1.122.279,05	\$ 85.837.650,35	USD 1.231.803,28	\$ 98.681.469,78	USD 1.416.117,02
2024	\$ 79.691.409,35	USD 1.143.602,35	\$ 89.528.669,31	USD 1.284.770,82	\$ 106.575.987,36	USD 1.529.406,38
2025	\$ 81.205.546,13	USD 1.165.330,80	\$ 93.378.402,09	USD 1.340.015,96	\$ 115.102.066,35	USD 1.651.758,89
2026	\$ 82.748.451,50	USD 1.187.472,08	\$ 97.393.673,38	USD 1.397.636,65	\$ 124.310.231,66	USD 1.783.899,60
2027	\$ 84.320.672,08	USD 1.210.034,05	\$ 101.581.601,34	USD 1.457.735,02	\$ 134.255.050,19	USD 1.926.611,57

Tabla 39. Proyección del Capital de Trabajo.

7.6. Amortizaciones y depreciaciones.

En este caso, se considera para el análisis del proceso de comercialización y venta del hormigón, los conceptos de “amortización” para los activos intangibles y la “depreciación” para los activos tangibles, a través del método de amortización lineal, mediante el cual, se divide el monto de la inversión inicial por la vida útil de cada activo considerado.

Cabe destacar, que, si bien dichos factores contables afectan la utilidad y la estimación de los impuestos de la empresa, para el proyecto en particular y en lo que a la comercialización y venta de hormigón se refiere, al no considerarla una “salida de caja”, no se incluyen en el flujo de fondos.

7.7. Gastos de comercialización y administración.

Se toman como porcentajes en gastos de administración y comercialización, un 15% y un 8% respectivamente, respecto al volumen promedio de ventas anuales, en base a información brindada por la empresa colaboradora.

7.8. Impuestos.

Se tendrán en consideración, de acuerdo a información brindada por la empresa colaboradora, los siguientes impuestos:

a) Impuesto al Valor Agregado (I.V.A.):

En general, las empresas elaboradoras de hormigón son alcanzadas por el impuesto al valor agregado, pero considerando que el mismo no afecta al flujo de fondos neto, no se la considera en las estimaciones.

b) Impuestos a las ganancias:”

En base a la Resolución General de AFIP “Impuesto A Las Ganancias. Ley N.º 27.630”, se considera una alícuota del 30%, para ganancias netas entre 7.604.948,57 [﻿\$AR] y 76.049.485,68 [﻿\$AR].

c) Ingresos Brutos (I.I.B.B.):

Se considera una alícuota del 1,25%, para todo el horizonte de proyección de facturación en la provincia de Entre Ríos, puesto que, por cuestiones físicas y lógicas referidas a la comercialización de hormigón, las ventas son solo de tipo regional. Valor establecido en base a la Ley Impositiva N°9622 Resolución N°12 ATER, para el rubro “Elaboración de Hormigón”.

7.9. Flujo de fondos.

Se trata de un instrumento financiero que brinda información relacionada a los ingresos y egresos de una empresa, para un determinado periodo de tiempo, es decir, refleja la liquidez de la misma, en consecuencia, permite determinar la viabilidad de la empresa y/o proyecto en el corto plazo.

Tomando como base los datos indicados en los párrafos anteriores, se calcula el flujo de fondos del proyecto, de modo de conocer sus entradas y salidas de caja para cada una de las proyecciones establecidas según escenarios.

7.9.1. Flujo de fondos escenario pesimista (1,90%).

FLUJO DE FONDOS ESCENARIO PESIMISTA (TASA DE CRECIMIENTO ANUAL 1,90%)							
Número de año		0	1	2	3	4	5
Balance		2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ingresos	Venta de Hormigón Elaborado [m3]		18.707,53	19.062,97	19.425,17	19.794,25	20.170,34
	Venta de Hormigón Elaborado [\$]		\$ 112.220.402,30	\$ 114.352.589,94	\$ 116.525.289,15	\$ 118.739.269,65	\$ 120.995.315,77
	Préstamo Bancario	\$ 8.255.371,45					
	Total de Ingresos	\$ 8.255.371,45	\$ 112.220.402,30	\$ 114.352.589,94	\$ 116.525.289,15	\$ 118.739.269,65	\$ 120.995.315,77
Egresos	Inversión Inicial	\$ 10.319.214,32					
	Capital de Trabajo		\$ 78.205.504,76	\$ 79.691.409,35	\$ 81.205.546,13	\$ 82.748.451,50	\$ 84.320.672,08
	Costos de Administración		\$ 16.833.060,35	\$ 17.152.888,49	\$ 17.478.793,37	\$ 17.810.890,45	\$ 18.149.297,37
	Costos de Comercialización		\$ 8.977.632,18	\$ 9.148.207,20	\$ 9.322.023,13	\$ 9.499.141,57	\$ 9.679.625,26
	Cuota anual		\$ 5.055.863,44	\$ 1.959.484,89	\$ 759.431,31	\$ 294.330,37	\$ 114.072,69
	Costo Financiero (Intereses Bancarios)		\$ 1.112.289,96	\$ 431.086,67	\$ 167.074,89	\$ 64.752,68	\$ 25.095,99
	Total de Egresos	\$ 10.319.214,32	\$ 110.184.350,69	\$ 108.383.076,60	\$ 108.932.868,83	\$ 110.417.566,58	\$ 112.288.763,38
	Utilidad antes de ganancias	-\$ 2.063.842,86	\$ 2.036.051,61	\$ 5.969.513,35	\$ 7.592.420,32	\$ 8.321.703,07	\$ 8.706.552,39
	Impuestos a las Ganancias (30%)	\$ -	\$ 610.815,48	\$ 1.790.854,00	\$ 2.277.726,10	\$ 2.496.510,92	\$ 2.611.965,72
	Ingreso Brutos (1,25%)	\$ -	\$ 25.450,65	\$ 74.618,92	\$ 94.905,25	\$ 104.021,29	\$ 108.831,90
Flujo Neto	-\$ 2.063.842,86	\$ 1.399.785,48	\$ 4.104.040,43	\$ 5.219.788,97	\$ 5.721.170,86	\$ 5.985.754,77	
Flujo Acumulado	-\$ 2.063.842,86	-\$ 664.057,38	\$ 3.439.983,05	\$ 8.659.772,02	\$ 14.380.942,88	\$ 20.366.697,65	

TIR	VAN	Período de repago
132%	\$ 10.345.964,80	1 año y 2 meses

Tabla 40. Flujo de fondos escenario pesimista.

7.9.2. Flujo de fondos escenario intermedio (4,30%).

FLUJO DE FONDOS ESCENARIO INTERMEDIO (TASA DE CRECIMIENTO ANUAL 4,30%)							
Número de año		0	1	2	3	4	5
Balance		2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ingresos	Venta de Hormigón Elaborado [m3]		\$ 20.533,22	\$ 21.416,14	\$ 22.337,04	\$ 23.297,53	\$ 24.299,33
	Venta de Hormigón Elaborado [\$]		\$ 123.172.092,36	\$ 128.468.492,33	\$ 133.992.637,50	\$ 139.754.320,91	\$ 145.763.756,71
	Préstamo Bancario	\$ 8.255.371,45					
	Total de Ingresos	\$ 8.255.371,45	\$ 123.172.092,36	\$ 128.468.492,33	\$ 133.992.637,50	\$ 139.754.320,91	\$ 145.763.756,71
Egresos	Inversión Inicial	\$ 10.319.214,32					
	Capital de Trabajo		\$ 85.837.650,35	\$ 89.528.669,31	\$ 93.378.402,09	\$ 97.393.673,38	\$ 101.581.601,34
	Costos de Administración		\$ 18.475.813,85	\$ 19.270.273,85	\$ 20.098.895,62	\$ 20.963.148,14	\$ 21.864.563,51
	Costos de Comercialización		\$ 9.853.767,39	\$ 10.277.479,39	\$ 10.719.411,00	\$ 11.180.345,67	\$ 11.661.100,54
	Cuota anual		\$ 5.055.863,44	\$ 1.959.484,89	\$ 759.431,31	\$ 294.330,37	\$ 114.072,69
	Costo Financiero (Intereses Bancarios)		\$ 1.112.289,96	\$ 431.086,67	\$ 167.074,89	\$ 64.752,68	\$ 25.095,99
	Total de Egresos	\$ 10.319.214,32	\$ 120.335.384,99	\$ 121.466.994,11	\$ 125.123.214,92	\$ 129.896.250,25	\$ 135.246.434,06
	Utilidad antes de ganancias	-\$ 2.063.842,86	\$ 2.836.707,36	\$ 7.001.498,22	\$ 8.869.422,58	\$ 9.858.070,66	\$ 10.517.322,65
	Impuestos a las Ganancias (30%)	\$ -	\$ 851.012,21	\$ 2.100.449,47	\$ 2.660.826,77	\$ 2.957.421,20	\$ 3.155.196,79
	Ingreso Brutos (1,25%)	\$ -	\$ 35.458,84	\$ 87.518,73	\$ 110.867,78	\$ 123.225,88	\$ 131.466,53
Flujo Neto	-\$ 2.063.842,86	\$ 1.950.236,31	\$ 4.813.530,02	\$ 6.097.728,02	\$ 6.777.423,58	\$ 7.230.659,32	
Flujo Acumulado	-\$ 2.063.842,86	-\$ 113.606,55	\$ 4.699.923,47	\$ 10.797.651,50	\$ 17.575.075,07	\$ 24.805.734,40	

TIR	VAN	Período de repago
157%	\$ 12.059.642,98	1 año

Tabla 41. Flujo de fondos escenario intermedio.

7.9.3. Flujo de fondos escenario optimista (8,00%).

FLUJO DE FONDOS ESCENARIO OPTIMISTA (TASA DE CRECIMIENTO ANUAL 8,00%)							
Número de año		0	1	2	3	4	5
Balance		2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ingresos	Venta de Hormigón Elaborado [m3]		\$ 23.605,59	\$ 25.494,03	\$ 27.533,55	\$ 29.736,24	\$ 32.115,14
	Venta de Hormigón Elaborado [\$]		\$ 141.602.234,69	\$ 152.930.413,46	\$ 165.164.846,54	\$ 178.378.034,26	\$ 192.648.277,00
	Préstamo Bancario	\$ 8.255.371,45					
	Total de Ingresos	\$ 8.255.371,45	\$ 141.602.234,69	\$ 152.930.413,46	\$ 165.164.846,54	\$ 178.378.034,26	\$ 192.648.277,00
Egresos	Inversión Inicial	\$ 10.319.214,32					
	Capital de Trabajo		\$ 98.681.469,78	\$ 106.575.987,36	\$ 115.102.066,35	\$ 124.310.231,66	\$ 134.255.050,19
	Costos de Administración		\$ 21.240.335,20	\$ 22.939.562,02	\$ 24.774.726,98	\$ 26.756.705,14	\$ 28.897.241,55
	Costos de Comercialización		\$ 11.328.178,78	\$ 12.234.433,08	\$ 13.213.187,72	\$ 14.270.242,74	\$ 15.411.862,16
	Cuota anual		\$ 5.055.863,44	\$ 1.959.484,89	\$ 759.431,31	\$ 294.330,37	\$ 114.072,69
	Costo Financiero (Intereses Bancarios)		\$ 1.112.289,96	\$ 431.086,67	\$ 167.074,89	\$ 64.752,68	\$ 25.095,99
	Total de Egresos	\$ 10.319.214,32	\$ 137.418.137,16	\$ 144.140.554,02	\$ 154.016.487,26	\$ 165.696.262,60	\$ 178.703.322,58
	Utilidad antes de ganancias	-\$ 2.063.842,86	\$ 4.184.097,53	\$ 8.789.859,44	\$ 11.148.359,28	\$ 12.681.771,66	\$ 13.944.954,42
	Impuestos a las Ganancias (30%)	\$ -	\$ 1.255.229,26	\$ 2.636.957,83	\$ 3.344.507,78	\$ 3.804.531,50	\$ 4.183.486,33
	Ingreso Brutos (1,25%)	\$ -	\$ 52.301,22	\$ 109.873,24	\$ 139.354,49	\$ 158.522,15	\$ 174.311,93
Flujo Neto	-\$ 2.063.842,86	\$ 2.876.567,05	\$ 6.043.028,37	\$ 7.664.497,01	\$ 8.718.718,02	\$ 9.587.156,17	
Flujo Acumulado	-\$ 2.063.842,86	\$ 812.724,19	\$ 6.855.752,55	\$ 14.520.249,56	\$ 23.238.967,58	\$ 32.826.123,74	

TIR	VAN	Periodo de repago
200%	\$ 15.102.315,16	8 meses y medio

Tabla 42. Flujo de fondos escenario optimista.

7.10. Rentabilidad del proyecto.

En base a los resultados obtenidos de los flujos de fondos, considerando cada escenario planteado, se evalúan los siguientes indicadores financieros:

→ Tasa Interna de Retorno (T.I.R.):

Se trata de la tasa de recuperación de la inversión, es decir, la tasa de actualización que se aplica al flujo de ingresos y egresos (beneficios-costos), durante el horizonte económico del proyecto, de forma tal que su valor actual neto (V.A.N.) resulte igual a cero. En otros términos, es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

- Si $TIR > k \Rightarrow$ El proyecto de inversión será aceptado. En cuyo caso, la tasa de rendimiento interno que se obtendrá será superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida por la inversión.
- Si $TIR = k \Rightarrow$ El proyecto es indiferente, en cuya situación la inversión podrá llevarse a cabo si se mejora la posición competitiva de la empresa y no existen alternativas más favorables.
- Si $TIR < k \Rightarrow$ El proyecto debe rechazarse, puesto que no se alcanzaría la rentabilidad mínima exigida por la inversión.

Siendo $k =$ tasa de interés pretendida $= 36\%$.

→ **Valor Actual Neto (V.A.N.):**

Se define como el valor monetario que resulta de restar la suma de flujos, descontados a la inversión inicial. Se trata del punto de partida para la evaluación económica de un proyecto de inversión cuyos beneficios y costos se distribuyen a lo largo de cierto número de periodos en el futuro (desde $t=0$ hasta $t=T$), el cual consiste en determinar cuál es el valor actualizado (en el momento en el que debe tomarse la decisión) de la suma de dichos beneficios menos los costos.

Es decir que, el V.A.N. de un proyecto, se puede establecer como el valor obtenido, actualizado separadamente para cada año, extrayendo la diferencia entre todas las entradas y salidas de efectivo que suceden durante la vida del mismo, a una tasa de interés fija predeterminada. También incluye las inversiones las cuales deben ser rescatadas del flujo neto de ingresos y egresos⁵⁶.

- Si $VAN > 0 \Rightarrow$ El valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento seleccionada, generará beneficios.
- Si $VAN = 0 \Rightarrow$ El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, resultando su concreción en principio, indiferente.
- Si $VAN < 0 \Rightarrow$ El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

→ **Periodo de Recupero de la Inversión (P.R.I.):**

Este indicador cuantifica el tiempo en el cual se recuperará el total de la inversión realizada al valor presente o actual, es decir, brinda una idea del plazo en el cual será cubierta la inversión inicial del proyecto.

Se puede observar en la **Tabla 43**, la comparación de los resultados del análisis de los diferentes flujos de fondos, para cada escenario propuesto.

A priori, el lector puede apreciar que para los tres casos planteados el VAN resulta positivo, con valores significativos de recupero, y un valor alto de la tasa de interés pretendida del 36%, asumiendo un contexto de alto riesgo de inversión en el país. Esto indica que, independientemente del escenario, el proyecto genera grandes beneficios, incluso si se plantean escenarios pesimistas con tasas de crecimiento menores al 1%.

ESCENARIO	PESIMISTA (1,9%)	INTERMEDIO (4,3%)	OPTIMISTA (8%)
T.I.R.	132%	157%	200%
V.A.N. (36%)	\$ 10.345.964,80	\$ 12.059.642,98	\$ 15.102.315,16
P.R.I.	1 año y 2 meses	1 año	8 meses y medio

Tabla 43. Comparación de escenarios. Indicadores financieros.

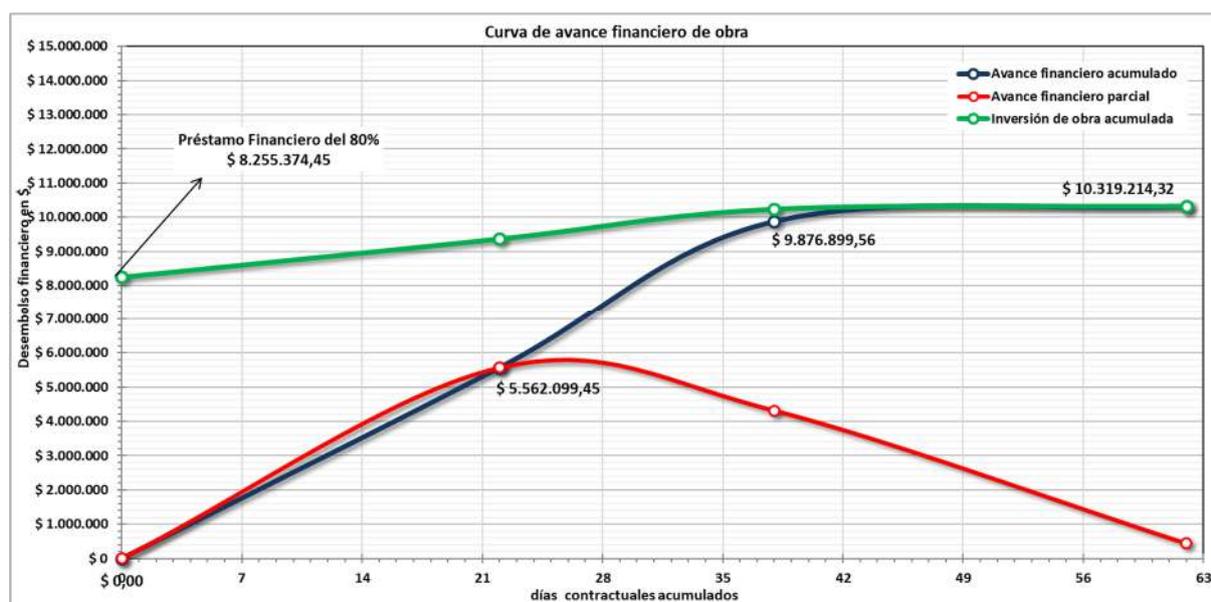
Con resultados de la TIR, también mayores (para los tres casos) al valor de la tasa de descuento pretendida del 36% para la estimación del VAN, se puede afirmar que el riesgo que presenta la inversión frente a variaciones del mercado, resulta significativamente bajo. Dichos valores de

TIR, indican el valor de la tasa máxima que podría pagarse por el capital empleado durante toda la vida de la inversión sin que exista perdida alguna en el proyecto, de acuerdo a esto podemos decir que la inversión es rentable debido a que este indicador es mayor que el interés del préstamo y a la tasa de interés pretendida (36%), para los tres casos planteados.

Luego, analizando los periodos de repago (PRI), al igual que para los anteriores indicadores, presentan para cada una de las proyecciones, plazos menores o entorno a un año, lo que resulta positivo en cuanto a las exigencias bancarias.

Conclusión:

- **Proyecto rentable:** Se puede establecer en base a los resultados obtenidos, del análisis de los indicadores financieros, que el proyecto resulta rentable, siempre y cuando su aplicación se encuentre acotada a empresas hormigoneras, de producción continua, recordando que el principal ingreso planteado, proviene de la venta de hormigón.
- **Conveniencia de financiamiento:** Se puede plantear además, un escenario pesimista más drástico que reflejen menores ingresos por ventas de hormigón elaborado, ya sea por inestabilidad económica o por alcance de cada planta elaboradora en particular, a partir del cual se evidencia que resulta significativamente conveniente la búsqueda de fuentes de financiamiento externa, puesto que la misma posiciona al inversor en un escenario positivo de rentabilidad para la ejecución del proyecto y en para escenarios optimistas genera un apalancamiento rentable.
- **Periodos de repago optimistas:** En cualquiera de los casos, los periodos de repago resultan en plazos menores a la vida útil del proyecto u obra.



Gráfica 41. Curva de avance financiero.

Si se observa ahora, la curva de avance financiero, en base a la curva de avance físico planteada anteriormente, se genera un apalancamiento financiero, lo que permite el inicio y la correcta

ejecución de la obra, al contar con el capital necesario, o bien para el congelamiento de la compra de materiales o aquellos ítems que no depende de la producción de hormigón, por ejemplo, sistemas de bombeo, tanques de almacenamiento, tolva para separación de agregados, entre otros, limitando el desembolso a los montos de liquidación proyectados, sin que se generen reajustes de precios.

7.11. Idea – Necesidad.

La propuesta del prototipo de sistema de tratamiento del agua residual producto del lavado de camiones mixers, en plantas hormigoneras locales, se debe principalmente a las siguientes necesidades:

- I. Actualmente, la mayoría de las plantas hormigoneras radicadas en la ciudad de Concordia, carecen de sistemas de tratamiento del agua residual o el tratamiento es insuficiente.
- II. El volcado de los residuos líquidos del hormigón se realizan directamente a cuencas de agua o sistema colectores pluviales, los cuales se encuentran conectados con cauces de agua dulce natural.
- III. El crecimiento de la ciudad de Concordia, asociado con el crecimiento de la construcción y la demanda de hormigón elaborado, generan aumentos en la producción de los desechos líquidos resultado de la elaboración de hormigón.
- IV. Las empresas elaboradoras y comercializadoras de hormigón de la ciudad de Concordia, deben garantizar la calidad de sus productos en base a procesos de producción sustentables y amigables con el ambiente, adecuándose a las normas ambientales vigentes.

7.12. Visión – Misión.

a. Visión:

- ✓ Optimizar el uso de un recurso natural tan valioso como lo es el agua dulce, creando un valor agregado en la producción de hormigón elaborado, que se traslada a las comunidades locales y las empresas de la industria involucradas, todo mediante la mejora de los procesos y operaciones de producción, promoviendo actividades que minimicen la cantidad de residuos generados en el ciclo de elaboración de hormigón que afectan al ambiente.
- ✓ Sentar las bases para que las políticas de las empresas elaboradoras de hormigón locales estén orientadas a la actividad del reciclado y la sustentabilidad ambiental, de modo de resultar reconocidas como una actividad y una industria fundamental que agrega valor a la sociedad.
- ✓ Establecer los criterios que permiten a las empresas locales convertirse en referentes en cuanto a la calidad de gestión de los servicios, orientada a la satisfacción de los usuarios, promoviendo la explotación racional de los recursos naturales, defendiendo los más altos estándares en un marco de responsabilidad social y desarrollo sostenido.

b. Misión:

- ✓ Que el proyecto o la obra en particular, represente un aporte más al cuidado del ambiente, aminorando los consumos de agua potable y las extracciones de áridos de ríos y canteras por medio del reciclado, dando un buen uso a los recursos naturales, evitando la polución tanto por desecho como vertido, ya sea en obras como en plantas hormigoneras.
- ✓ Que el proyecto resulte una contribución a la economía de las empresas comercializadoras de hormigón.

7.13. Análisis PEST.

Se trata de una herramienta estratégica de utilidad para comprender la posición de una empresa identificando los factores del macroentorno general en la que se desenvuelve. Se realiza previo al análisis FODA. PEST es acrónimo de los factores “Político, Económico, Social y Tecnológico”, los cuales no dependen directamente de la organización.

7.13.1. Factor Político.

Se trata de aquellos factores relacionados con la regulación legislativa gubernamental, es decir, el grado de intervención por parte del gobierno nacional, provincial y municipal en el desempeño de las entidades.

- Políticas públicas que impliquen modificaciones en la legislación de la construcción (modificación de los códigos de edificación urbana).
- Creación de leyes de regulación de los recursos naturales tales como el agua potable para el consumo de la industria del hormigón.
- Regulación de leyes de explotación de los recursos minerales como los agregados pétreos.
- Incremento de políticas públicas orientadas a la obra pública o viviendas sociales.
- Cambios en la legislación laboral.
- Regulación a las importaciones.
- Restricciones a la industria del hormigón elaborado y/o de la construcción.
- Modificaciones en la legislación impositiva y tributaria.

7.13.2. Factor económico.

Se trata de los factores de índole económica que afectan al mercado en su conjunto.

- Variación de las tasas de intereses.
- Incremento de las tasas de cambio.
- Variación de los índices de inflación.
- Incremento de los créditos orientados a la construcción (PROCREAR).

- Incremento de precios.
- Nivel del riesgo país.
- Utilización de la construcción como refugio de inversión monetaria.

7.13.3. Factor social.

En este campo se engloban los factores que están relacionados con las costumbres e idiosincrasia de la población y el contexto en el que se desenvuelven, es decir, la configuración de los miembros del mercado y su influencia en el entorno.

- Crecimiento demográfico.
- Incremento de la movilidad social.
- Aumento de la migración de la población rural hacia los centros urbanos.
- Inclusión laboral.
- Necesidad de obras civiles y edificaciones.

7.13.4. Factor tecnológico.

Se trata del estado de desarrollo tecnológico y sus contribuciones a la actividad empresarial, dependen de la inversión o gasto público en investigación y desarrollo tecnológico, el grado de obsolescencia y madurez de la tecnología convencional y vigente, desarrollo de nuevos productos y la velocidad de transmisión a la sociedad.

- Mejoras en la tecnología del hormigón elaborado (nuevos y mejores productos).
- Optimización y racionalización del material hormigón elaborado.
- Mejoras en la tecnología del transporte y colocación del hormigón.
- Introducción de nuevas tecnologías en la producción del hormigón elaborado.
- Metodologías de recuperación de materiales.
- Mejoras en el control de producción, transporte, colocación y durante el uso del hormigón elaborado.

7.14. Análisis FODA.

Para la materialización y concreción de la obra, se analizan a continuación las fortalezas y debilidades del proyecto en sí mismo, al igual que las oportunidades y amenazas que se deberán considerar para su ejecución en el marco del contexto externo.

7.14.1. Fortalezas.

- Costos generales de obra bajos.
- Facilidad de construcción.
- Las empresas cuentan con la materia prima y los principales insumos de obra.
- Elevada vida útil.

- Posibilidad de expansión y mejora continua.
- Costos de operación mínimos.
- Operaciones de mantenimiento mínimas.
- Beneficio a corto plazo, amortización de la inversión.
- Disminución del consumo de materias primas.
- Disminución del consumo de agua potable.
- Atenuación del impacto del desecho o vertido de agua residual.
- Aplicación a cualquier tipo de planta (Escalable).

7.14.2. Oportunidades.

- Agregado de valor a los costos de los productos comercializados (hormigón elaborado).
- Posicionamiento de las empresas hormigoneras como referentes en materia ambiental.
- Expansión de la red de clientes, posibilidad de proveer a grandes empresas y obras que exigen estándares de calidad y sustentabilidad (ejemplo: nuevo aeropuerto de la ciudad de Concordia).
- Reducción de la contaminación de suelos y cursos de agua.
- Aumento de la oferta de hormigón, conocimiento de la demanda.
- Escasas empresas del mercado con soluciones similares.
- Financiamiento para proyectos de inversión industrial.
- Aumento de la confiabilidad de la comunidad respecto a la elaboración de hormigón.

7.14.3. Debilidades.

- Necesidad de obras adicionales debido al aumento del volumen de desecho.
- Necesidad de instalaciones complementarias para el reciclado de los áridos o almacenamiento del agua reciclada.
- Se requiere de superficies amplias disponibles en planta.
- Limpieza periódica y frecuente.
- Posibilidad de corte de la producción por la realización de la obra.

7.14.4. Amenazas.

- Vacíos legales en cuanto a la legislación vigente en materia ambiental.
- Incremento de los costos financieros.
- Devaluación de la moneda.
- Tasas de crecimiento de la demanda menor a la estimada.
- Merma de la actividad económica y de la construcción en la región.
- Costos adicionales por demora en la ejecución de la obra.
- Soluciones tecnológicas competentes y a costos escasamente superiores.

7.15. Riesgos del mercado.

Se puede asumir con cierto grado de certeza que el riesgo más significativo del mercado, es que el incremento real de la demanda de hormigón elaborado para los próximos años resulte menor a lo estimado, razón por la cual los ingresos con los cuales se pretende amortizar la obra se verían reducidos o considerablemente afectados.

Se puede considerar a su vez, que los costos de exportación de tecnología se reduzcan, con lo cual resulte más competitivo el acceso a mejores tecnologías en cuanto a la elaboración, recuperación y reciclado del hormigón elaborado.

Posicionamiento de empresas constructoras o elaboradoras externas, temporales que impliquen una reducción de la demanda por competitividad.

Aumento constante de precios por inflación, lo que podría implicar un estancamiento de la actividad de la construcción, en consecuencia, una paralización de la demanda de hormigón elaborado.

Aumento de los costos financieros, lo que implicaría la no rentabilidad de la inversión para las pequeñas y medianas empresas.

Posicionamiento de tecnologías de construcción en seco, que desplacen al hormigón elaborado.

7.16. Plan de marketing.

7.16.1. Investigación del mercado.

Tal como se analizó en la sección 7.1.1.5 “Indicador sintético de la construcción ISAC.”, en base a la perspectiva de las grandes empresas del sector a nivel nacional, muestran expectativas favorables con respecto al nivel de actividad a desarrollar en los próximos meses, tanto para la obra pública como privada.

A su vez en dicho contexto, la demanda de hormigón elaborado demuestra un incremento, el cual se encuentra fuertemente vinculado con el crecimiento económico regional, movilizado por el aumento de la participación de la obra pública y privada, de esta manera se identifican dos grandes sectores de demanda del hormigón elaborado: el consumo privado y el consumo de la obra pública.

El consumo privado se encuentra potencialmente afectado por el incremento de las obras de viviendas o edificaciones, es decir obras de arquitectura, edificios industriales, entre otros, motivo por el cual su variación aumenta en el largo plazo. Mientras que el consumo de la obra pública varía a lo largo del ciclo económico tal como se evidenció en la **Gráfica 38**. ISAC. Serie original, desestacionalizada y tendencia-ciclo. Ene.2021-mar.2022., potenciado por inversión del estado en base a políticas públicas en obras viales y de pavimentación, obras de saneamiento e infraestructura sanitaria y de transporte, entre otras.

En la ciudad de Concordia, Entre Ríos, el servicio de comercialización de hormigón elaborado se encuentra nucleado por dos grandes empresas, una de las cuales es la empresa colaboradora Vecchio SRL, que en términos de reglamentación (CIRSOC 201/2005²⁸ e IRAM 1666:2020²⁷) cumplen con los requerimientos básicos o principales para encuadrarse dentro de lo que se acepta como producción de hormigón elaborado, luego las secundan otras empresas con plantas hormigoneras pero que no se dedican exclusivamente a la comercialización, diseño e investigación en materia de hormigón elaborado.

En lo que respecta a la distribución y transporte del hormigón elaborado, se puede afirmar existe una monopolización intrínseca y natural del mercado, puesto que no se conciben plantas elaboradoras de hormigón sin unidades de transporte o mixers (a menos que se traten de plantas móviles instaladas para obras puntuales), sumado a la falta de competencia o de servicios basados en alternativas de transporte y de materiales.

En cuanto al incremento de la demanda de hormigón elaborado, convierte al proyecto en cuestión, en una obra de intervención de vital importancia a nivel local como regional, puesto que no solo contribuye a la disminución del impacto de la industria al ambiente, sino que también posicionaría a las empresas locales en materia ambiental y de sustentabilidad, por sobre el resto de las hormigoneras a nivel provincial, colaborando a su vez con el crecimiento económico.

Como corolario de lo anterior, la empresa en la cual se realizará la intervención, tiene a su vez la obligación de realizar y materializar este tipo de obras puesto que como se mencionó antes se encuentra en proceso de certificación de normas de calidad ISO 9001 y normas ambientales ISO 14001, fomentando la aplicación de iniciativas similares e incrementando el nivel local en cuanto a calidad y cuidado ambiental.

7.16.2. Segmentación.

El proyecto está dirigido a todas las empresas elaboradoras de hormigón de la región de Concordia, Entre Ríos, en consecuencia, a todos los grandes, medianos y pequeños usuarios y/o clientes del rubro de la construcción, con el objetivo de disponer de un material de calidad y amigable con el ambiente, agregando un valor a la cadena de suministro.

7.16.3. Diferenciación.

La obra en particular brinda una solución rápida y eficaz, tanto para el corto como el largo plazo, puesto que la demanda del hormigón elaborado, tal como se observó en párrafos anteriores posee una tendencia en la variación del incremento, que depende fuertemente del crecimiento económico a nivel nacional, y la envergadura del proyecto logra cubrir el incremento de la demanda con un margen de 10 años e incluso 20 años para una visión optimista.

Toda otra alternativa, tal como aplicación tecnológica o de productos de instalación industrial, que por lo general son de exportación, ya que no hay fabricación nacional, cuya finalidad sea la misma, demandaría mayores costos económicos, legales y ambientales.

A su vez, el impacto social y ambiental del presente proyecto se encuentra minimizado, puesto que se requiere de materiales propios de la industria (las empresas poseen la materia prima) y la materialización de la obra no requiere la intervención ni la construcción en nuevos terrenos ni instalaciones dentro de zonas urbanizadas, puesto que se realiza en los predios propios donde ya se encuentran instaladas las plantas elaboradoras.

7.16.4. Posicionamiento.

El proyecto permite absorber los volúmenes de desecho en base a la demanda de hormigón elaborado durante la vida útil de las instalaciones, garantizando un servicio de calidad, amigable con el entorno, sustentable y fomentando el desarrollo económico de la región.

En lo que respecta a la empresa de intervención, ubica a la misma en una posición vital para el desarrollo de las actividades industriales, con intervención en materia ambiental.

7.16.5. Comunicación.

Se propone la materialización de un plan estratégico empresarial, en el cual se considere el acceso de la empresa a los clientes y la sociedad, a través de los medios digitales disponibles, de gran alcance hoy en día, mediante la creación y fomento de información en base a las tecnologías aplicadas, la importancia, los beneficios y las características básicas del proyecto, orientados principalmente al cuidado del ambiente y al agregado de valor.

Se propone a su vez la publicación de los objetivos, los costos, tiempos de ejecución y características de la obra. Se buscará impulsar la creación de estándares para la industria del hormigón elaborado a nivel local, de modo de fomentar la aplicación de obras similares a las demás hormigoneras de la zona.

Capítulo VIII

Conclusiones

De los análisis precedentes correspondientes a los estudios técnicos, factibilidad económica y ambiental, se desprenden en primera instancia aspectos concluyentes, que permiten ratificar y constatar que en la actualidad, la industria del hormigón elaborado, especialmente en la escala local o regional, poseen procesos de producción poco amigables con el ambiente, es decir, se comprueba que en la mayoría de los casos, y especialmente en la ciudad de Concordia, las plantas hormigoneras no disponen de sistemas adecuados para el tratamiento de los residuos que generan, ya sean del tipo sólido o líquido.

A través de la parte experimental como hecho fundamental, se puede confirmar que los volúmenes de material residual generados, sumado al consumo de la red de agua potable son actualmente excesivos y sin escatimación alguna al respecto, motivo más que suficiente para avizorar es necesario la aplicación de sistemas de tratamiento para dicha industria. Además, se comprueba la posibilidad de reutilización del agua residual como agua de mezcla. Cabe aclarar que dicho análisis corresponde a un proyecto de investigación más extenso y aplicado, el cual se desarrollará en el ámbito y bajo la órbita del Grupo de Investigación GIICMA como proyecto de I+D.

Desde lo técnico, se pudo identificar, considerando que se trata de un prototipo de aplicación general, cuya adaptabilidad se encuentra íntimamente relacionada con la escala de producción de cada planta elaboradora, que el mismo es adaptable y factible de realización, cuyos costos pueden ser absorbidos por la propia comercialización de hormigón elaborado, lo cual en razón de lo detallado en el capítulo precedente, presenta indicadores económicos factibles en términos de recuperabilidad financiera, independientemente del escenario planteado, en un esquema económico estable.

En lo que respecta al aspecto ambiental, tanto desde el análisis de impacto como a través de la parte experimental (análisis del agua residual) se pudo comprobar que los impactos y la importancia de los mismos, relacionados con la actividad de la elaboración de hormigón, son de carácter severo, especialmente potenciados por las acciones de contaminación por deficiencia o carencia en el tratamiento de los residuos generados, constituyendo una amenaza para el medio físico natural principalmente. En contraposición, analizando el impacto y la importancia de la obra propuesta, se logró cuantificar y cualificar el orden de mitigación y compensación que aporta el tratamiento de las aguas residuales, sumado a la reutilización de las mismas.

En lo que respecta al marco legislativo y normativo, es necesario y propicio la intervención de organismos de control gubernamentales, a través de los cuales se garantice y se exija a las empresas de la industria del hormigón elaborado, la planificación y la gestión ineludible de los residuos industriales, a través de políticas ambientales más rigurosas y específicas, que establezcan planes estratégicos de intervención y aplicación, que no solo prohíban el vertido de aguas residuales al ambiente, sino que también propicie el marco correcto de intervención y apoyo a la industria.

Por lo descrito anteriormente y considerando el hecho de que el análisis de mercado, FODA y PEST, definidos por indicadores técnicos, sociales, culturales, económicos y ambientales, involucran representaciones respecto al medio local y a la comunidad en su conjunto en términos de sostenibilidad (entornos en los cuales se erigen las plantas hormigoneras en general), se asume de manera objetiva, que el condicionante selectivo lo establecen los indicadores ambientales, debido a que las características estructurales y subjetivas asociadas al proyecto que engloban, resultan comunes para cualquier ámbito de aplicación.

A su vez, se da cumplimiento al objetivo implícito que conlleva el presente proyecto, el cual es sentar las bases para posteriores investigaciones y trabajos finales de carrera que se involucren en temáticas similares, para abordar una problemática poco estudiada y analizada. Resulta necesario para la currícula de un ingeniero civil, considerar en los proyectos, la toma de decisiones a través de la compensación de la huella hídrica y la implementación de una economía circular, especialmente para la industria del hormigón elaborado, donde sus efectos generan implicaciones en el entorno.

Con una visión a corto plazo, en el marco de un hecho innegable como lo es el impacto ambiental que genera la actividad humana, es necesario tomar conciencia de ello, desde lo local para extrapolarlo a lo global, “pequeñas acciones multiplicadas, se convierten en grandes acciones”.

Por todas estas razones, se justifica la materialización del proyecto.

Anexo I – Detalle de cálculo

Anexo II – Matrices

Anexo III – Planos

Bibliografía

- ¹ Ahmad, T., Ahmad, K., & Alam, M. (2016). Sustainable management of water treatment sludge through 3'R' concept. *Journal of Cleaner Production*, 124, 1-13. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.073>.
- ² Rodriguez Diego J.; Serrano, Héctor Alexander; Delgado, Anna; Nolasco, Daniel; Saltiel, Gustavo. (2020). *De residuo a recurso: "Cambiano paradigmas para intervenciones más inteligentes para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe"*. Washington, DC: Banco Mundial. Obtenido de <https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/wastewater-initiative>
- ³ Vajnhandl, S., & Valh, J. V. (2014). The status of water reuse in European textile sector. *Journal of Environmental Management*, 141, 29-35. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.03.014>.
- ⁴ Makropoulos, C., Rozos, E., Tsoukalas, I., Plevri, A., Karakatsanis, G., Karagiannidis, L., . . . Lytras, E. (2018). Sewer-mining: A water reuse option supporting circular economy, public service provision and entrepreneurship. *Journal of Environmental Management*, 216, 285-298. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.026>.
- ⁵ Smith, K., Liu, S., Hu, H.-Y., Dong, X., & Wen, X. (2018). Water and energy recovery: The future of wastewater in China. *Science of The Total Environment*, 637-638, 1466-1470. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.124>.
- ⁶ Mack-Vergara, Y. L., & John, V. M. (2017). Life cycle water inventory in concrete production—A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 122, 227-250. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.004>.
- ⁷ Sandrolini, F., & Franzoni, E. (2001). Waste wash water recycling in ready-mixed concrete plants. *Cement and Concrete Research*, 31(3), 485-489. Obtenido de [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(00\)00468-3](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00468-3)
- ⁸ ABCP. (2013). *Asociación Brasileña de Cemento Portland, Survey of the Brazilian Concrete Market Scenario*. Obtenido de <https://abcp.org.br/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/>
- ⁹ Xuan, D., Poon, C. S., & Zheng, W. (2018). Management and sustainable utilization of processing wastes from ready-mixed concrete plants in construction: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 136, 238-247. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.007>.
- ¹⁰ Jeff Borger, R. L. (1994). Use of recycled wash water and returned plastic concrete in the production of fresh concrete. *Advanced Cement Based Materials*, 1, 267-274. doi:[https://doi.org/10.1016/1065-7355\(94\)90035-3](https://doi.org/10.1016/1065-7355(94)90035-3).
- ¹¹ Luiz de Brito Prado Vieira, A. D. (2016). Evaluation of concrete recycling system efficiency for ready-mix concrete plants. *Waste Management*, 56(ISSN 0956-053X), 337-351. doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.07.015>.
- ¹² Gholamreza Asadollahfardi, M. A. (2015). Experimental and statistical studies of using wash water from ready-mix concrete trucks and a batching plant in the production of fresh concrete. *Construction and Building Materials*, 98(ISSN 0950-0618), 305-314. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815302919>
- ¹³ Paulo Ricardo de Matos, Luiz Roberto Prudêncio Jr., Ronaldo Pilar, Philippe Jean Paul Gleize, Fernando Pelisser. (2020). Use of recycled water from mixer truck wash in concrete: Effect on the hydration, fresh and hardened properties. *Construction and Building Materials*, 230(ISSN 0950-0618), 305-314. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116981>.
- ¹⁴ Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2020). *Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe 2019*. Santiago. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45353-anuario-estadistico-america-latina-caribe-2019-statistical-yearbook-latin>

- ¹⁵ Dirección Nacional de Agua Potable y Saneamiento, Subsecretaría de Recursos Hídricos, Secretaría de Obras Públicas. (2017). *Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento*.
- ¹⁶ Asociación de Fabricantes de Cemento Portland. (2019). *Anuario*. Obtenido de <http://afcp.info/Anuarios/Anuario-2019.pdf>
- ¹⁷ Asociación Argentina de Hormigón Elaborado AAHE. (2019). *Anuario*. Obtenido de <https://hormigonelaborado.com/wp-content/uploads/2020/06/Producci%C3%B3n-2019.pdf>
- ¹⁸ Ms. Ing. Maximiliano Segerer. (2020). Nueva Norma IRAM de Hormigón Elaborado. *Seminario Online de la Industria del Hormigón Elaborado* (págs. 37-39). Asociación Argentina del Hormigón Elaborado AATH.
- ¹⁹ Asociación Mundial del Agua GWP. (2000). *Agua para el Siglo XXI para América del Sur, "De la visión a la acción". Informe Nacional sobre la gestión del agua en Argentina*. Asociación Mundial del Agua, Comité Técnico Asesor Sud América (SAMTAC). Tiempo Nuevo, responsable de revista InduAmbiente. Obtenido de www.eclac.cl/DRNI/proyectos/samtac/DrSam00100.pdf
- ²⁰ INDEC - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - República Argentina. (2021). Obtenido de <https://www.indec.gob.ar/>
- ²¹ Alzogaray, A. (2018). *Reutilización del agua de lavado de camiones que transportan hormigón. Tesis para la especialización en Ingeniería Ambiental*. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concordia.
- ²² Alvarado Valdivieso Karen Guadalupe. (2016). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas para la recirculación en los procesos industriales de la Hormigonera de los Andes, provincia de Chimborazo*. Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6472>
- ²³ Sabrina Galluccio, Tobias Beirau, Herbert Pöllmann. (2019). Maximization of the reuse of industrial residues for the production of eco-friendly CSA-belite clinker. *Construction and Building Materials*, 208, 250-257. Obtenido de www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061819304398
- ²⁴ RAFAEL H. PAGÁN SANTINI. (1 de Julio de 2011). *Coalición de organizaciones mexicanas por el derecho del agua*. Obtenido de <http://www.comda.org.mx/el-agua-y-el-cemento/>
- ²⁵ Pepino Minetti, Roberto; Fonseca, José M.; Slythe, Javier; Fernández Marenchino, Javier; López, Eduardo; Torres, Julio C. (2017). *Gestión de olores y su análisis en calidad de aire*. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba, Centro de Investigación y Transferencia en Ingeniería Química Ambiental (CIQA), Córdoba, Argentina. Obtenido de <http://www.edutecne.utn.edu.ar/prodeca-proimca/actas-proimca-2017/IM111-gestion.pdf>
- ²⁶ Balzamo, H., Bascoy, D. A., Bonavetti, V., Cabrera, O. A., Carrasco, M. F., Clariá, M. A., . . . Zerbino, R. L. (2012). *Ese material llamado hormigón*. Buenos Aires, Argentina: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón.
- ²⁷ IRAM 1666. (2020). *Hormigón elaborado. Requisitos y control de la producción*.
- ²⁸ INTI-CIRSOC. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, Secretaría de Obras Públicas de la Nación. (2005). *Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón*. (INTI, Ed.) Argentina.
- ²⁹ IRAM 1601. (2012). *Agua para morteros y hormigones de cemento*.
- ³⁰ IRAM 1619. (2006). *Cemento. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado*.
- ³¹ IRAM 1622. (2006). *Cemento Portland. Determinación de resistencias mecánicas*.
- ³² IRAM 1857. (2000). *Hormigón de cemento Portland. Determinación del contenido de ión cloruro en el hormigón*.
- ³³ ASTM C 1602. (2006). *Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete*.

- ³⁴ A. Hazen. (1904). *On sedimentation*. Transactions of the American Society of Civil Engineers.
- ³⁵ A. Ordoñez Sánchez. (2015). *Evaluación de un sedimentador de alta tasa con un modelo de dinámica de fluidos computacional (DFC)*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ingeniería Civil-Hidráulica. Programa de maestría y doctorado en ingeniería., México, D.F.
- ³⁶ Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. (1992). *NBR 12216-NB-592 - Projeto de estações de tratamento de água para abastecimento público*. Río de Janeiro, Brasil.
- ³⁷ Crites R.W. y Tchobanoglous G. (2000). *Sistemas de manejo de aguas residuales, para núcleos pequeños y descentralizados*. New York: McGraw Hill.
- ³⁸ ENOHSA - Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento. (2013). *Guías para la presentación de proyectos de agua potable* (Vol. Fundamentos). República Argentina.
- ³⁹ Eng. Luiz Di Bernardo. (1993). *Métodos e técnicas de tratamento de agua* (Primera ed., Vol. II). Brasil: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental-ABES. Obtenido de <https://doi.org/10.1590/S1413-41522006000200001>
- ⁴⁰ Azevedo Netto, J. M. d., & Acosta Álvarez, G. (1975). *Manual de hidráulica*. D.F., México: HARLA.
- ⁴¹ Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente-CEPIS. (1992). *Programa regional HEP/CEPIS de mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano. Serie Filtración Lenta*. (Vol. Manual II). (O. P. (OPS), Ed.)
- ⁴² Lucas G. Mendoza, Domingo Rosas, Silvina Zamar, Mario B. Nickisch. (2011). *Protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua con fines múltiples*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Presidencia de la Nación Argentina.
- ⁴³ IRAM 50.000. (2017). *Norma Argentina: Cementos para uso general* (Cuarta ed.). Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- ⁴⁴ IRAM 1531. (2016). *Agregado grueso para hormigón de cemento. Requisitos y métodos de ensayo*. (Quinta ed.). Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- ⁴⁵ IRAM 1536. (2020). *Norma Argentina: Hormigón fresco de cemento. Método de ensayo de la consistencia utilizando el tronco de cono* (Tercera ed.). Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- ⁴⁶ IRAM 1602-1. (1988). *Norma Argentina: Hormigón de cemento Pórtland. Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas de hormigones y morteros - Método A*. (Primera ed.). Instituto Argentina de Normalización y Certificación.
- ⁴⁷ IRAM 1524. (2015). *Norma Argentina: Hormigón de cemento. Preparación y curado en obra de probetas para ensayos de compresión y de tracción por compresión diametral*. (Cuarta ed.). Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- ⁴⁸ ASTM C 403/C 403M-99. (1999). *Método de ensayo. Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por su resistencia a la penetración*. ASTM International. Obtenido de <http://www.astm.org>
- ⁴⁹ IRAM 1546. (2013). *Norma Argentina: Hormigón de cemento. Método de ensayo de compresión* (Tercera ed.). Instituto de Normalización y Certificación.
- ⁵⁰ Sergio Ramos; Roberto De Ruyver; Natalia Gattinoni; Rubén Garín; Sergio Garran. (2018). *Estación agrometeorológica del INTA Concordia - 50 años de servicio a la comunidad* (Vol. 16). Concordia, Argentina: Ministerio de Agroindustria Presidencia de la Nación - INTA Concordia EEAC. doi:ISSN 1851-314X

⁵¹ Dirección Nacional de Vialidad. (2007). *MEGA II - Manual de evaluación y gestión ambiental de obras viales* (Vol. II). Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios - Secretaría de Obras Públicas.

⁵² V. Conesa Fernández Vitora. (2010). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental* (Vol. 4to). Mundi-Prensa.

⁵³ Asociación Argentina del Hormigón Elaborado (AAHE). (2022). *Hormigón Elaborado*. Obtenido de <https://hormigonelaborado.com/estadisticas/>

⁵⁴ Instituto de Estadística y Registro de la Industria de la Construcción. (2020). *Informe de coyuntura de la construcción*. Buenos Aires: IERIC. Obtenido de <https://www.ieric.org.ar/estadistica/informes-de-coyuntura/?2022>

⁵⁵ Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). (2022). *Indicadores de coyuntura de la actividad de la construcción - ISAC*. Ministerio de Economía - República Argentina.

⁵⁶ Maffeis, José María; Nonino, Victor Hugo. (2016). *Repavimentación y puesta en servicio: RPN°2 Circunvalación "Tres Hermanas" - Chajarí, Entre Ríos*. Tesis de grado, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concordia, Ingeniería Civil, Concordia, Entre Ríos.