PROPUESTA TECNICA.

Nota de Alcance, Carácter Referencial y Marco de Responsabilidad Técnica: La presente propuesta técnica se constituye como un modelo de referencia funcional y metodológico, fundamentado en procesos de ingeniería hídrica y saneamiento ampliamente validados. Se establece de manera explícita que el contenido, los diagramas de flujo y las premisas operativas aquí descritas tienen un carácter indicativo; no son absolutos, definitivos ni vinculantes para la estructuración contractual del desarrollo.

Tanto la Empresa E.P.C. como la SPE Tecnóloga Agua Responsable FIM utilizarán este documento exclusivamente como una guía de partida técnica. La adopción o modificación de estas bases no genera nexo causal, responsabilidad legal ni garantía implícita sobre la obtención final de los volúmenes o la calidad del agua residual tratada en sus diferentes grados de reúso.

El único instrumento técnico e ingenieril con validez jurídica y auditable para la fase constructiva y de operación comercial será el **Proyecto Ejecutivo e Ingeniería de Detalle**. Este documento será formulado y avalado de forma definitiva por la SPE Tecnóloga Agua Responsable FIM, pero se ejecutará bajo la responsabilidad envolvente y solidaria de la Empresa E.P.C. frente al Fideicomiso Maestro. Dicho Proyecto Ejecutivo se adaptará dinámicamente a los requerimientos reales de flujo (L/s), presiones de entrega y parámetros específicos de calidad (tratamiento secundario, ultrafiltración u ósmosis inversa) exigidos por las empresas de consumo (Off-takers). Todos estos parámetros quedarán estrictamente integrados en los Contratos de Suministro Hídrico y regidos por las reglas inamovibles del Fideicomiso Maestro.

CALIDAD Y FLUJO DE AFLUENTE DE AGUA CRUDA.

- **Origen de la Información y Carácter Referencial:** Los datos históricos, gastos volumétricos (L/s) y parámetros fisicoquímicos iniciales contenidos en este apartado provienen de los registros de SIMAS FIM, entidad que funge como proveedor exclusivo de la materia prima del ecosistema. Estas cifras se presentan con fines estrictamente orientativos e ilustrativos para el dimensionamiento conceptual preliminar de la infraestructura.

- **Obligación Técnica de Campo y Deslinde de Responsabilidad:** Se establece de

manera vinculante que la información histórica provista por SIMAS FIM no genera responsabilidad legal ni compromiso técnico para el proyecto final. Para la formulación del Proyecto Ejecutivo e Ingeniería de Detalle, la Empresa E.P.C., en estricta coordinación operativa con la SPE Tecnóloga Agua Responsable FIM, asume integralmente el riesgo constructivo y operativo. Por lo tanto, estarán jurídicamente obligadas a:

- **Aforos y Caracterización *In Situ*:** Ejecutar de manera autónoma las campañas de aforo hidráulico continuo, así como los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y de contaminantes críticos en los colectores principales.

- **Análisis de Variaciones Estacionales:** Evaluar exhaustivamente las fluctuaciones de gasto (estiaje y lluvias) y los picos de concentración de carga orgánica (DBO5, DQO, SST, grasas y aceites) durante periodos representativos.

- **Asunción Plena de Responsabilidad:** Garantizar de manera absoluta el dimensionamiento del tren de tratamiento, la selección de reactivos, los balances de materia y la calidad final del efluente entregado.

- **Condición Precedente y KPLIs:** La Empresa E.P.C. y la SPE Tecnóloga no podrán alegar discrepancias entre los datos históricos de SIMAS FIM y los aforos reales obtenidos en campo para justificar desviaciones técnicas, incrementos presupuestales (CAPEX/OPEX) o incumplimientos en la calidad del agua pactada con los inquilinos industriales. Esta validación de campo es una condición precedente ineludible para el cumplimiento del KPLI G-3 referente a la Auditoría Externa de Términos de Referencia Técnicos.

- **Flujos de Diseño y Volúmenes de Ingreso (Afluente**): El participante debe llevar a cabo un aforo propio antes de realizar su diseño, respetando los siguientes parámetros de capacidad:

  - **PTAR FIM (Tren de Tratamiento Avanzado):** El flujo de diseño deberá ser de 150 L/s nominales, con capacidad técnica para procesar flujos excedentes extraordinarios por lluvias de hasta 200 L/s.

  - **Cárcamo de Rebombeo:** La infraestructura receptora inicial deberá estar dimensionada para manejar 200 L/s nominales y un flujo máximo extraordinario de hasta 300 L/s.

- Calidad Base y Remoción de Contaminantes: La caracterización del agua residual cruda a su llegada al cárcamo constituirá la métrica base para la evaluación del KPLI E-3 de Remoción de Carga Contaminante. Este indicador exige de forma obligatoria una eficiencia técnica de remoción igual o superior al 95% de la carga orgánica afluente, lo que equivale a eliminar al menos 130 toneladas mensuales de DBO5.

PARAMETRO	UNIDAD	PROMEDIO
Conductividad	µmhos/cm	1,100
Sílice (Si02)	mg/l como SiO2	42
Alcalinidad Total	mg/l como CaCO3	250
Dureza Total	mg/l como CaCO3	312
Cloruros	mg/l como Cl	50
Sulfatos	mg/l como SO4	120
Calcio	mg/l como CaCO3	155
Magnesio	mg/l como CaCO3	110
Sodio	mg/l como CaCO3	80
SDT	mg/l	750
Sólidos Sedimentables	mg/l	18
SST	mg/l	280
DBO_5 (Total)	mg/l	370
DQO (Total)	mg/l	720
Color	U. Color	50
Nitrógeno Total	mg/l	60
Fósforo Total	mg/l	32
Grasas y Aceites	mg/l	100
SAAM	mg/l	17
Coliformes Fecales	Nmp/100	8 E+0.8

Nota de Obligatoriedad sobre la Caracterización y el Diseño: Para la estructuración y validación del Proyecto Ejecutivo e Ingeniería de Detalle, se establece como condición precedente e ineludible que la Empresa E.P.C., de la mano con la SPE Tecnóloga Agua Responsable FIM, ejecute su propia campaña de caracterización del agua cruda y evaluación de las condiciones de obra. El objetivo es obtener los parámetros base reales y más representativos para el dimensionamiento de la PTAR FIM.

Dicha caracterización deberá cumplir, de manera estricta, con los siguientes lineamientos:

- **Validez Oficial de Resultados:** Incluir muestreos, aforos y análisis fisicoquímicos, microbiológicos y de contaminantes ejecutados obligatoriamente por laboratorios acreditados ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

- **Trazabilidad Técnica:** Documentar de manera fehaciente la trazabilidad de los resultados y su correlación directa con las memorias de cálculo, balances de materia y los parámetros finales de diseño.

- **Gestión del Riesgo Estacional:** Considerar exhaustivamente las variaciones estacionales (épocas de lluvia y estiaje) y las fluctuaciones operativas que puedan impactar los volúmenes (picos máximos de 200 L/s y 300 L/s en cárcamo) y la calidad de la carga orgánica afluente.

- **Integración Documental:** Incorporar la totalidad de los dictámenes y resultados en el Dossier de Calidad (*QA/QC*) y en los planos *As Built*.

- **Ingeniería de Costos:** Servir como matriz fundamental para la selección de procesos tecnológicos (Tren Bio-P, Ultrafiltración, Ósmosis Inversa), el dimensionamiento de equipos, la dosificación de reactivos y la formulación del CAPEX y OPEX del proyecto.

La presentación de esta caracterización, debidamente certificada, será una condición indispensable y vinculante para validar la ingeniería. Este mecanismo garantiza que los valores utilizados reflejen la realidad operativa del ecosistema, elimina cualquier discrepancia entre lo proyectado y lo ejecutado, y asegura el cumplimiento anticipado de la NOM-001-SEMARNAT-2021 frente al Fideicomiso Maestro y los of-takers industriales.

Calidad Mínima Aceptable y Protocolo para Requerimientos Especiales (Calidades Superiores y Efluentes Industriales).

Estándar Mínimo Aceptable de Entrega (Baseline): Los valores plasmados en la siguiente matriz de diseño de la PTAR FIM constituyen la calidad hídrica mínima aceptable estipulada por el modelo de negocio *Agua Responsable FIM / Sustainable HUB – FIM* para su entrega comercial a las Empresas de Consumo (Off-takers).
El cumplimiento continuo e ininterrumpido de esta tabla es la condición base indispensable para la acreditación del KPLI E-1 de Reúso Industrial Hídrico y Economía Circular. Su observancia garantiza la meta cuantitativa obligatoria de reincorporar el 100% del volumen

hídrico tratable (Cero Descargas / *Zero Liquid Discharge*) a los procesos productivos, lo cual será auditado en tiempo real mediante telemetría ultrasónica de precisión a pie de lote.

Parámetro	Unidad	Promedio
pH	---	70 – 7.5
Conductividad	µmhos/cm	Menor a 1500
Sílice (SIO2)	mg/l como SiO2	Menor a 40
Alcalinidad Total	mg/l como CaCO3	Menor a 280
Dureza Total	mg/l como CaCO3	Menor a 300
Cloruros	mg/l como Cl	Menor a 80
Sulfatos	mg/l como SO4	Menor a 200
Calcio	mg/l como CaCO3	Menor a 350
Magnesio	mg/l como CaCO3	Menor a 200
Sodio	mg/l como CaCO3	Menor a 100
SDT	mg/l	Menor a 600
Sólidos Sedimentables	ml/l	Menor a 0.50
SST	mg/l	Menor a 20
DBO5	mg/l	Menor a 10
DQO	mg/l	Menor a 20
Color	U.Color	Menor a 30
Nitrógeno Total	mg/l	Menor a 20
Fósforo Total	mg/l	Menor a 7
Grasas y Aceites	mg/l	Menor a 7
SAAM	mg/l	Menor a 5
Coliformes Totales	Nmp/100/ml	Menor a 100
Coliformes Fecales	Nmp/100/ml	Menor a 100

Protocolo para Ajustes por Requerimientos Especiales y Manejo de Efluentes de Retorno.

Requerimientos Especiales (Calidades Superiores / Pulimento): En el escenario donde una Empresa de Consumo (Inquilino / Off-taker / Fuente de Pago) requiera el suministro hídrico con calidades superiores a la matriz base para procesos críticos específicos (ej. alimentación de calderas de alta presión, sistemas de enfriamiento especializado, procesos

de Ultrafiltración [UF], Ósmosis Inversa [OI] o intercambio iónico), dicha solicitud será sometida a una evaluación técnica y volumétrica rigurosa.
Dado que la obtención de estos parámetros de ultra pureza exige procesos adicionales de tratamiento, pulimento y aseguramiento de calidad, este requerimiento facultará la modificación fundamentada del techo financiero previsto para el CAPEX y OPEX de la PTAR FIM.

Obligaciones Vinculantes para la Empresa E.P.C. y la SPE Tecnóloga Agua Responsable FIM:

- **Ingeniería y Trazabilidad:** Documentar exhaustivamente la solicitud especial de calidad dentro del Diseño Ejecutivo, Memorias de Cálculo de la PTAR FIM y en el Dossier de Calidad (*QA/QC*).

- **Justificación Técnica:** Justificar y validar mediante laboratorios certificados (EMA) los procesos adicionales de tratamiento requeridos (p. ej., módulos de Ultrafiltración u Ósmosis Inversa).

- **Trazabilidad Financiera:** Integrar la estructura exacta de los costos adicionales (incremento de CAPEX/OPEX) en el expediente contractual comercial y someterlo a la validación del Fideicomiso Maestro.

- **Mecanismo de Autorización:** La aceptación final de estos requerimientos especiales quedará estrictamente sujeta a: (a) la validación técnica del Ingeniero Independiente (Empresa de Supervisión Externa), (b) la aprobación del Comité Técnico del Fideicomiso, y (c) la firma irrevocable de la adenda al contrato *Take-or-Pay* con la tarifa volumétrica ajustada al alza.

Recepción y Tratamiento de Efluentes Industriales de Retorno: En estricto apego al carácter dinámico del modelo *Sustainable HUB – FIM* y a los principios de Economía Circular (KPLI E-1), se establece el protocolo técnico-financiero para la recepción, pretratamiento y saneamiento de los efluentes residuales provenientes de los procesos productivos de los propios inquilinos que reingresen a la PTAR FIM.

- **Evaluación Individualizada:** Cada solicitud de descarga industrial de retorno será analizada de manera individual y rigurosa por la SPE Tecnóloga Agua Responsable FIM.

- **Parámetros y Normatividad:** Se fijarán matrices específicas de interconexión y normas de vertimiento interno (pretratamiento a pie de lote) para asegurar que las cargas

contaminantes no inhiban la biología de la PTAR FIM ni pongan en riesgo el cumplimiento ambiental frente a la NOM-001-SEMARNAT-2021.

- **Integración Tarifaria:** Se determinarán las tarifas de tratamiento y/o penalizaciones adicionales por carga orgánica o contaminantes críticos, las cuales se integrarán dinámicamente al flujo de facturación centralizada de *HUB FIM S.A.P.I. de C.V.* hacia la Cascada de Pagos del Fideicomiso Maestro.

Destino del Agua Excedente y Cumplimiento Normativo (NOM-001 y NOM-003 en Parque Convencional y RFE).

- **Gestión Estratégica de Excedentes Hídricos:** El volumen de agua tratada excedente derivada de la operación continua que no sea consumida por los inquilinos industriales dentro de sus bandas contractuales irrevocables *Take-or-Pay* se verterá y aprovechará de forma segura. Este remanente se destinará a los sistemas de riego de áreas verdes, lagos ornamentales o cuerpos de agua superficiales diseñados dentro del Parque Industrial Convencional (PIC) y del Recinto Fiscalizado Estratégico (RFE). Dichos cuerpos fungen como infraestructura de almacenamiento estratégico para amortiguar contingencias o cubrir requerimientos volumétricos extraordinarios de las empresas de consumo.

- **Marco Normativo Aplicable a Descargas y Suelo (NOM-001-SEMARNAT-2021):** El agua excedente de la PTAR FIM empleada en riego, o cualquier flujo vertido al suelo o cuerpos receptores, deberá cumplir irrestrictamente con los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021. Este cumplimiento es el eje rector para la evaluación del KPLI E-2 de Balance y Cumplimiento Normativo Hídrico.

- **Marco Normativo Aplicable a Reúso Público (NOM-003-SEMARNAT-1997):** Cuando el uso excedente se destine al riego de áreas verdes, parques, zonas de contacto o de uso público dentro del Parque Convencional y el RFE, se observará de forma obligatoria y excluyente lo establecido en la NOM-003-SEMARNAT-1997. Esto garantiza que los parámetros microbiológicos (coliformes fecales, huevos de helminto) y fisicoquímicos se mantengan dentro de los límites exigidos para la protección de la salud de la comunidad laboral del ecosistema (Pilar S – Impacto Social).

Responsabilidades Operativas Vinculantes (Empresa E.P.C. y SPE Tecnóloga Agua Responsable FIM):

- **Integración Analítica:** Incorporar obligatoriamente los análisis y ensayes de laboratorio referentes al cumplimiento normativo (NOM-001 y NOM-003) en el Dossier de Calidad (*QA/QC*).

- **Trazabilidad Forense:** Documentar de manera fehaciente la trazabilidad de los resultados y su correlación algorítmica con los parámetros de diseño y operación de la planta.

- **Certificación EMA:** Acreditar, única y exclusivamente mediante certificados emitidos por laboratorios avalados ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), que el agua excedente cumple con las normas aplicables de forma previa a su disposición final en suelo, cuerpos receptores o sistemas de riego.

- **Ejecución de Penas (Cartas de No Conformidad):** El incumplimiento de estas disposiciones normativas será causal inmediata de rechazo en la recepción del efluente. Esto detonará la emisión de una Carta de No Conformidad (NCR) por parte del Ingeniero Independiente (Supervisión Externa), impactando negativamente el KPLI G-3. La emisión de este instrumento bloquea automáticamente el desembolso de recursos de la subcuenta CAPEX del Fideicomiso, obligando a la Empresa E.P.C. a subsanar el defecto a su propio costo y riesgo. Adicionalmente, se aplicarán las sanciones correspondientes estipuladas por la legislación ambiental federal (SEMARNAT/CONAGUA).

TERMINOS DE REFERENCIA PTAR

CÁRCAMO DE REBOMBEO.

El Cárcamo de Rebombeo constituye el punto de recepción y entrada crítica del ecosistema hídrico. Está diseñado no solo para la captación e impulsión de las aguas residuales crudas, sino para fungir como el primer filtro de aseguramiento de calidad (pretratamiento). Garantiza la remoción de sólidos y partículas mayores a 1 (un) centímetro y eleva el flujo hacia una cota topográfica que permita que el 100% de la operación del tren biológico subsecuente en la PTAR FIM funcione estrictamente por gravedad, optimizando así el OPEX energético.
Esta infraestructura receptora deberá estar dimensionada y configurada para manejar un flujo nominal de operación de 200 litros por segundo (L/s), con capacidad comprobada para absorber flujos máximos extraordinarios de hasta 300 L/s.

El complejo del cárcamo deberá integrar, como mínimo y de forma obligatoria, los siguientes componentes tecnológicos y de infraestructura:

- Barda Perimetral de Seguridad.
- Canal de Llegada y Sistema de Cribado Fino / Rejillas Mecanizadas.
- Cilindro de Almacenamiento Temporal e Impulsión.
- Sistema Automatizado Anti-olores y Neutralización de Gases (Torre de Lavado / Scrubber).
- Edificio Operativo y Centro de Control Presurizado.
- Planta de Emergencia Diésel y Tablero de Transferencia Automática (ATS).
- Centro de Control de Motores (CCM) de Frente Muerto e Infraestructura de Potencia.
- Suministro de Energía Eléctrica y Gestión Regulatoria ante CFE.
- Sistema de Videovigilancia (CCTV HD) con Analítica de Inteligencia Artificial y Control Biométrico.
- Red Hidroneumática de Agua a Presión y Sistema de Captación para Lavado.

BARDA PERIMETRAL Y ACCESOS.

Se establece como obligación ineludible que la Empresa E.P.C. (Participante) realice una visita de reconocimiento exhaustiva al sitio de construcción del cárcamo. El objetivo es evaluar las condiciones topográficas, geotécnicas y ambientales del entorno. Esta evaluación debe respaldarse con levantamientos topográficos vinculados a la red oficial de bancos de nivel INEGI/CONAGUA, y deberá integrarse irrestrictamente en la formulación de su Propuesta Técnica, Económica y en el Diseño Ejecutivo.
El producto final entregado deberá cumplir, como estándar mínimo aceptable, con las siguientes especificaciones:

- **Estructura:** Construcción de una barda perimetral con una altura mínima de 2.00 metros. Los elementos de rigidez (castillos, dalas y cadenas) deberán ser de concreto reforzado, dimensionados y validados por un Especialista en Cálculo Estructural, tomando como base estricta el Estudio de Mecánica de Suelos validado en sitio.

- **Seguridad Patrimonial y Protección:** Con el objetivo de delimitar el predio, erradicar el riesgo de vandalismo y proteger la infraestructura crítica, se instalarán bayonetas con alambre de púas y concertinas de seguridad (obstáculos de cuchillas) en la corona del muro perimetral.

- **Acceso Vehicular y Control Logístico:** Suministro e instalación de un portón de acceso de dimensiones industriales, diseñado estratégicamente para soportar el tránsito de tractocamiones, maquinaria pesada y equipos especializados necesarios

para las fases de construcción, montaje electromecánico y operaciones de mantenimiento. Para garantizar la seguridad patrimonial, el portón deberá contar con herrajes de alta resistencia, bisagras forjadas con rodamientos, picaportes de seguridad y mecanismos de cierre blindados, alineados a los protocolos de control de accesos del ecosistema.

- **Calidad de Materiales y Protección Anticorrosiva:** Es estrictamente obligatorio que la totalidad de los materiales utilizados en la delimitación (bloques, acero estructural, bayonetas, alambre de púas y concertinas) cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas vigentes. Asimismo, deberán contar con protección anticorrosiva de grado industrial para garantizar su durabilidad a la intemperie. Toda la evidencia documental, certificados de procedencia y pruebas de resistencia de estos materiales deberán integrarse con nivel de trazabilidad forense dentro del Dossier de Calidad (*QA/QC*) de la Empresa E.P.C..

CANAL DE LLEGADA DEL AGUA RESIDUAL Y PRETRATAMIENTO.

El canal de llegada constituye el componente de transición hidráulica crítico entre el colector emisor municipal y el cilindro de recepción del cárcamo. Su diseño de alta ingeniería debe asegurar una aproximación gradual que disipe turbulencias excesivas y garantice la protección absoluta de los equipos de bombeo a través de un sistema de cribado mecanizado.
Este componente integrará obligatoriamente los siguientes elementos y especificaciones técnicas:

- **Diseño Hidráulico de Aproximación:** Las dimensiones del canal deben garantizar una velocidad del flujo comprendida estrictamente entre 0.30 y 0.90 m/s. Este rango dinámico es vital para asegurar condiciones autolimpiantes, evitando la sedimentación de arenas antes de las rejillas sin comprometer la retención de sólidos. La descarga contará con dos conducciones independientes equipadas con compuertas; el sistema operará bajo un esquema de flujo centralizado, dejando el cauce alterno disponible para labores de mantenimiento seguro sin detener la operación.

- **Sistema de Cribado Redundante (Estándar N+1):** Se instalarán dos sistemas de rejillas gruesas con limpieza mecánica automatizada, configurados irrestrictamente bajo el criterio de redundancia técnica N+1 (Operación + *Standby*). Esta configuración asegura la disponibilidad permanente de una unidad de respaldo ante fallas o mantenimiento. Las rejillas operarán con una inclinación de entre 75 y 90 grados para el desalojo efectivo de materiales sólidos mayores a 1 (un) centímetro.

- **Automatización y Control Algorítmico (PID):** El ciclo de limpieza mecanizada se activará mediante sensores de nivel diferencial (pérdida de carga). El sistema integrará un algoritmo de control PID conectado al SCADA central, el cual ajustará dinámicamente la frecuencia de limpieza para optimizar el OPEX energético y reducir la fatiga mecánica.

- **Logística Automatizada de Desechos (Cero Contacto):** Los sólidos retenidos serán elevados mediante un mecanismo de peines y descargados sobre una banda transportadora industrial. Los residuos se trasladarán directamente a un contenedor cerrado para su disposición final, erradicando los riesgos biológicos por contacto manual en cumplimiento con las normativas de seguridad e higiene (HSE/STPS).

- **Telemetría Ultrasónica en Tiempo Real:** Se integrará un medidor de flujo ultrasónico en línea que transmitirá la señal del caudal afluente en tiempo real tanto al Centro de Control de Motores (CCM) como al cuarto de control central de la PTAR FIM, asegurando la trazabilidad de los gastos volumétricos y los picos de demanda.

- **Control de Emisiones Atmosféricas y Salud Pública:** El canal contará con un diseño completamente encapsulado para la contención de gases de alcantarillado. Dispondrá de un sistema de extracción forzada acoplado a un biofiltro orgánico (matriz de aserrín humedecido y biomasa) para la eliminación del ácido sulfhídrico (H_2S). Esto previene la corrosión de la infraestructura electromecánica y garantiza el cumplimiento del Estándar IFC PS4 respecto a la salud ocupacional y mitigación de olores hacia la comunidad.

- **Compuertas de Aislamiento Estratégico:** Se incluirán compuertas deslizantes de alta hermeticidad que permitan aislar de manera segura cualquiera de las líneas de cribado (N+1), facilitando intervenciones de mantenimiento sin interrumpir el ingreso continuo del agua residual al cilindro de recepción.

CILINDRO DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE AGUA RESIDUAL (CÁRCAMO DE BOMBEO).

El cilindro de almacenamiento constituye el núcleo receptor de infraestructura crítica del ecosistema hídrico. Su función primordial es proporcionar el volumen de regulación hidráulica necesario para amortiguar las variaciones de caudal provenientes de la red municipal (picos máximos de 300 L/s), garantizando condiciones óptimas y estables para la impulsión del agua cruda pretratada hacia la PTAR FIM.
Este componente se construirá y operará bajo las siguientes especificaciones técnicas de estricto cumplimiento:

Diseño Estructural y Geometría:

- **Configuración Estructural:** El cilindro será de sección circular, construido en concreto reforzado de alta resistencia. Su diseño estructural estará optimizado para soportar empujes hidrostáticos internos severos y trabajar a tensión radial, avalado por memorias de cálculo y estudios de mecánica de suelos.

- **Prevención de Vórtices:** La geometría interna, sumada a la ubicación y diseño de las campanas de succión, deberá asegurar de manera absoluta la sumergencia mínima (S) requerida para evitar la formación de vórtices, cavitación y la consecuente degradación de los impulsores mecánicos.

Sistema de Bombeo y Tren de Descarga:

- **Configuración de Redundancia N+1:** El sistema de impulsión operará bajo un esquema estricto de redundancia N+1 (Equipo Operativo + *Standby* de idéntica capacidad). Esta configuración es innegociable para garantizar la continuidad del servicio al 100% ante fallas o rutinas de mantenimiento preventivo

- **Geometría Hidráulica:** Las bombas de succión se interconectarán a un tren de descarga con salidas configuradas a un ángulo mínimo de 45 grados hacia el múltiple central, mitigando turbulencias, golpes de ariete y pérdidas de carga por fricción.

- **Instrumentación Analítica:** Cada equipo de bombeo contará en su tren de descarga con un manómetro de presión, equipado obligatoriamente con un sello mecánico de diafragma (sello químico). Esta protección es indispensable para aislar el mecanismo de medición de la abrasión por lodos y compuestos corrosivos.

- **Protección Anticorrosiva de Tuberías:** Toda la tubería de acero del tren de descarga y del múltiple central contará con un sistema integral de protección anticorrosiva interior y exterior.

    - Se aplicarán recubrimientos epóxicos catalizados de alta eficiencia y acabados de altos sólidos diseñados para inmersión constante en aguas residuales y ambientes de alta corrosión atmosférica.

    - El tratamiento debe garantizar, mediante certificados de laboratorio (*QA/QC*), que las estructuras soporten las tensiones operativas durante los 20 años mínimos de vida útil exigidos para el activo.

- Para la tubería expuesta a la intemperie, se aplicará protección especializada contra radiación UV e intemperismo extremo.

Accesorios de Conexión, Seguridad y Soportería:

- **Materiales Grado Industrial:** Para erradicar la degradación por humedad y gases sulfhídricos, todos los accesorios de conexión (espárragos, tuercas y arandelas planas/presión) serán fabricados estrictamente en acero inoxidable.

- **Soportería y Anclaje:** Cualquier elemento de sujeción interno cumplirá con el estándar de acero inoxidable o, en su defecto, contará con recubrimiento galvanizado en caliente con certificación oficial para asegurar su integridad mecánica a largo plazo.

- **Seguridad Ocupacional (Pasillos y Rejillas):** Todos los elementos en las rutas de tránsito del personal operativo—incluyendo pasamanos, escaleras y rejillas tipo Irving—deberán ser metálicos, galvanizados en caliente y contar con su respectiva certificación de calidad y seguridad industrial (STPS).

Automatización, Inteligencia (EMS) y Control Eléctrico:

- **Control Algorítmico PID y Variadores (VFD):** La operación de rebombeo se gestionará a través de un algoritmo PID (Proporcional-Integral-Derivativo) vinculado al nivel hidráulico del cilindro y monitoreado por el SCADA central. Los motores arrancarán en el rango mínimo de Hertz e incrementarán su potencia gradualmente mediante variadores de frecuencia (VFD). La entrada/salida de operación de los equipos secundarios se ejecutará en un esquema de cascada automatizada según los flujos de llegada.

- **Resiliencia y Respaldo Energético:** Para garantizar el bombeo ante cualquier falla en la red de CFE, el cárcamo estará equipado con un Tablero de Transferencia Automática de alta velocidad (ATS) y una Planta de Emergencia Diésel con autonomía mínima de 6 horas y capacidad de arranque en frío (*Black Start*)

Gestión de Gases, Olores y Salud Pública:

- **Extracción y Biofiltración (Norma IFC PS4):** El cilindro será un ambiente controlado, equipado con un sistema de extracción de aire forzado direccionado hacia un biofiltro orgánico (matriz de estiércol y aserrín húmedo). Este componente tiene la doble función

de proteger la infraestructura electrónica contra la corrosión por ácido sulfhídrico (H_2S) y eliminar la emisión de olores molestos, garantizando el cumplimiento de los estándares ambientales y la salud de la comunidad vecina (Vectores del Pilar S).

SISTEMA ANTI-OLORES Y EXTRACCIÓN DE GASES (SISTEMA DE SACRIFICIO H_2S).

Considerando que la obra de llegada y los procesos de pretratamiento representan el mayor potencial de generación de gases corrosivos, se integrará un sistema robusto de gestión de emisiones atmosféricas. Este componente es de misión crítica, no solo para garantizar el confort ambiental de los operadores y cumplir con el estándar IFC PS4 (Salud y Seguridad de la Comunidad), sino fundamentalmente para erradicar la corrosión acelerada en la infraestructura electromecánica y de control de alto valor.
El sistema se diseñará, operará y presupuestará bajo las siguientes especificaciones innegociables:

- **Configuración de Extracción Forzada:** Tanto el canal de llegada como el cilindro de recepción de agua cruda operarán como ambientes controlados. Contarán con un sistema de extracción de aire forzado mediante ventiladores centrífugos, equipados con ductos y herrajes estrictamente resistentes a la corrosión química severa.

- **Tratamiento mediante Biofiltración Orgánica:** El aire extraído será conducido hacia un biofiltro de lecho orgánico (matriz activa de estiércol bovino y aserrín húmedo). Esta solución técnica de "tecnología blanda", respaldada por implementaciones exitosas en la región de la Comarca Lagunera (referenciadas por el Dr. Isaías López, UAAAN), asegura una alta eficiencia en la eliminación del "olor a huevo podrido" característico de las aguas sépticas. Operará bajo un esquema automatizado de control de humedad.

- **Concepto Rector de "Sistema de Sacrificio":** La Empresa E.P.C. deberá proyectar y dimensionar el sistema de extracción y filtración bajo la estricta premisa de un **"Sistema de Sacrificio (H_2S)"**. Esto implica que los componentes menores (ductos, rejillas de ventilación, sustrato del biofiltro y elementos de sujeción) están diseñados intencionalmente para absorber el impacto destructivo de la corrosión atmosférica y los gases ionizados, fungiendo como escudo inerte para proteger los activos mayores.

- **Costos de Operación (OPEX) y Reemplazo Programado:** Es obligación de la E.P.C. y la SPE Tecnóloga contemplar dentro de sus costos operativos (Tarifa T2) la revisión periódica y el reemplazo programado del sustrato y las piezas de sacrificio. Se enfatiza de manera ejecutiva que la sustitución oportuna de estos elementos resulta

financieramente marginal frente a la reparación o pérdida catastrófica de componentes mayores (bombas, motores, Centro de Control de Motores y concreto armado) ante una exposición prolongada al ácido sulfúrico.

- **Inventario Estratégico de Refacciones:** El programa de mantenimiento preventivo exigirá un inventario de refacciones (*stock* de seguridad) suficiente para garantizar que el sistema anti-olores jamás vea interrumpida su operación. Como regla preventiva, deberán sustituirse obligatoriamente aquellas piezas de desgaste cuya vida útil residual proyectada sea menor a 12 meses.

EDIFICIO DE OPERACIÓN Y CENTRO DE INTELIGENCIA PARA EL CONTROL.

El edificio de operación constituirá el núcleo neurálgico de gestión del cárcamo. Su diseño arquitectónico y estructural está concebido para albergar la infraestructura de potencia, automatización, inteligencia operativa (EMS) y telecomunicaciones dentro de un ambiente estrictamente controlado. Su arquitectura de control desplegará una gestión híbrida y distribuida, garantizando la continuidad absoluta del servicio y la seguridad integral de los activos.
Este componente crítico se integrará obligatoriamente bajo las siguientes especificaciones técnicas e institucionales:

Centro de Control de Motores (CCM):

- **Infraestructura de Potencia Aislada:** Se instalará un CCM de "frente muerto" presurizado, estructurado con secciones auto soportadas. Contará con unidades removibles (silletas) independientes y obturadores automáticos para cubrir las barras energizadas, facilitando un mantenimiento seguro y sectorizado sin interrumpir la operación global del sistema.

- **Arquitectura de Control y Niveles de Operación:** El sistema de automatización operará bajo una arquitectura de inteligencia distribuida y redundante, habilitando los siguientes niveles de interacción escalonada:

  - **Monitoreo Centralizado en Tiempo Real:** Toda la información analítica y operativa generada en el cárcamo (telemetría de flujo ultrasónico, variables PID, estado de motores, consumo energético y alarmas de gases H_2S) deberá transmitirse en tiempo real para su monitoreo permanente desde el cuarto de control central de la PTAR FIM y el Centro de Mando (War Room) corporativo.

- **Operación Remota y Orquestación (Nivel 1):** El ecosistema permitirá el telecontrol integral, habilitando secuencias de arranque, paro en cascada y ajuste dinámico de parámetros operativos de forma remota a través de la plataforma del servidor SCADA.

- **Operación Local In Situ (Nivel 2):** El edificio contará con una Consola de Control Local (CCL) robustecida, la cual facultará al operador en sitio para la manipulación directa de los equipos y la supervisión de eventos críticos mediante interfaces de pantalla táctil (HMI).

- **Gestión de Permisología (Selector Local/Remoto):** Cada Módulo de Control y Adquisición de Datos (MCAD) dispondrá de selectores físicos para habilitar o deshabilitar mandos según la jerarquía de control, enviando una señal visual de estado inequívoca tanto a la consola local como al servidor central.

Sistema SCADA, Ciberseguridad y Software Escrow:

- **Gestión e Interoperabilidad de Datos:** Se integrará un servidor SCADA centralizado que administre la base de datos en tiempo real. Todos los protocolos de comunicación industrial y redes de datos (Modbus TCP, TCP/IP, UDP) deberán adherirse estrictamente al modelo de referencia OSI (ISO/IEC-7498-1) para asegurar su interoperabilidad.

- **Resguardo Tecnológico y Step-in Rights:** Como requisito suspensivo, la Empresa Tecnóloga entregará bajo custodia fiduciaria y notarial irrevocable (Software Escrow) las credenciales maestras y los códigos fuente del sistema SCADA. Esto faculta a HUB FIM S.A.P.I. de C.V. para ejecutar sus Derechos de Intervención (Step-in Rights) ante cualquier contingencia, garantizando que el control operativo jamás sea rehén de terceros.

- **Disaster Recovery y Respaldo Ininterrumpido (UPS):** El sistema contará con redundancia activa y estará protegido por un UPS de doble conversión en línea, garantizando la integridad de las bases de datos y la disponibilidad de los controladores ante caídas de tensión o transitorios eléctricos severos.

Resiliencia Energética (Criterio N+1):

- **Autonomía y Conmutación Automática:** El edificio alojará una planta de emergencia a diésel equipada con un Tablero de Transferencia Automática (ATS) de alta velocidad

y enclavamiento mecánico. El sistema EMS supervisará permanentemente los niveles de combustible y los parámetros del motor para garantizar un mínimo de 6 horas de autonomía, con capacidad demostrada de arranque en frío (*Black Start*).

Sistema Integrado de Voz, Datos y Vigilancia Analítica (CCTV):

- **Telecomunicaciones y Seguridad:** La Empresa E.P.C. proveerá infraestructura de racks (IDF/MDF) y equipos de red de misión crítica para el enrutamiento de voz y datos de alta velocidad, asegurando la comunicación bidireccional encriptada con la PTAR principal. Asimismo, el edificio integrará un sistema de videovigilancia CCTV HD equipado con analítica de Inteligencia Artificial para el monitoreo perimetral, la prevención de intrusiones y el control de accesos biométrico.

CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS Y AMBIENTALES.

El edificio de operación debe proyectarse y construirse como una infraestructura industrial de misión crítica y alta seguridad. Su diseño arquitectónico tiene el doble propósito de proteger la integridad operativa de los activos electromecánicos de alto valor y salvaguardar de manera inquebrantable la salud ocupacional del personal, bajo los más estrictos protocolos HSE (Health, Safety and Environment).
Este rubro se regirá por las siguientes especificaciones innegociables:

- **Cuarto de Control e Iluminación Ergónomica:** El área de operación contará con un diseño de iluminación técnica específica mediante luminarios LED de alta eficiencia energética. Como estándar auditable, se garantizará un nivel lumínico mínimo de 500 lux en las áreas de escritorio y consolas de control HMI, y de 300 lux para la iluminación general del recinto, mitigando la fatiga visual del operador.

- **Gestión de Espacios y Seguridad Eléctrica (NOM-STPS):** El arreglo general (*layout*) exigirá áreas físicamente separadas y sectorizadas para el CCM, el banco de baterías (alojado en un local independiente con extracción forzada de gases), el cuarto de telecomunicaciones y la planta de emergencia. Para autorizar maniobras de mantenimiento seguro y evitar riesgos de arco eléctrico, se deberán respetar estrictamente las distancias libres de trabajo exigidas por la normatividad, garantizando al menos 1.50 m al frente de los equipos energizados y 1.30 m en la parte posterior.

- **Protección Ambiental y Presurización:** Para asegurar la longevidad de la electrónica, el edificio funcionará como un entorno presurizado. Contará con sistemas de aire acondicionado de precisión para disipar la carga térmica generada por los variadores de frecuencia (VFD) y los servidores SCADA, manteniendo una temperatura de

operación óptima. Como medida de protección civil, se integrarán sistemas de detección temprana de humo coordinados con el sistema de paro de emergencia y alarmas sonoras/luminosas (Dossier HSE).

- **Especificaciones de Pisos y Recubrimientos Industriales:** Los pisos del edificio serán de concreto reforzado, calculados para soportar cargas vivas dinámicas, peso de equipos y amortiguamiento de vibraciones. Deberán contar obligatoriamente con un recubrimiento epóxico dieléctrico catalizado de altos sólidos.

  - **Propiedades Exigidas:** El acabado deberá ser monolítico, continuo, impermeable, antiderrapante y altamente resistente a la abrasión, desgaste, aceites y químicos corrosivos.

  - **Obligación de Conservación (OPEX):** Es obligación vinculante de la Empresa E.P.C. y la SPE Tecnóloga contemplar dentro de su estructura de costos (OPEX) un programa de mantenimiento preventivo y la renovación periódica de este recubrimiento. Esto garantiza que la superficie mantenga intactas sus propiedades dieléctricas y de protección mecánica durante los 20 años de vigencia del contrato operativo, protegiendo el activo del Fideicomiso.

- **Delimitación y Señalética de Seguridad Industrial:**

  - **Áreas de Riesgo:** Se deberán delimitar físicamente y de manera inequívoca las áreas de tránsito peatonal y las zonas de riesgo por alta tensión. Se utilizarán barandales perimetrales ligeros, cercas de aislamiento o franjas de seguridad con recubrimiento epóxico de alto contraste pintadas en el piso.

  - **Señalética Permanente:** Es obligatorio instalar letreros normalizados, altamente legibles, con la leyenda “PELIGRO - ALTA TENSIÓN” en todas las compuertas de acceso a bóvedas, trincheras y gabinetes que contengan partes vivas energizadas. Toda la señalización referente a riesgos, rutas de evacuación y equipo de socorro deberá cumplir estrictamente con la NOM-003-SEGOB y estar fabricada en materiales resistentes a la radiación UV y corrosión.

- **Sistema de Mitigación de Incendios:** El edificio estará equipado integralmente con extintores portátiles Tipo C (específicos para conatos de origen eléctrico). Se instalarán a una distancia máxima de 15 metros de las rutas de acceso a los equipos y a una altura máxima de 1.50 m sobre el nivel de piso terminado. Estos equipos deberán contar con

señalética cenital de alta visibilidad y formar parte del plan de Protección Civil (*Dossier HSE*).

- **Puerta de Acceso a Personal (Puerta Hombre):** El edificio de operación deberá contar con una puerta de ingreso exclusiva para el personal, independiente de los accesos vehiculares o de carga. Por protocolos innegociables de seguridad industrial y liberación de rutas de evacuación rápida, esta puerta deberá abatir hacia el exterior. Estará equipada interiormente con una barra antipánico de grado industrial que permita la apertura inmediata mediante una simple presión de empuje. Exteriormente, dispondrá de una cerradura de alta seguridad para restringir el ingreso a personal no autorizado.

- **Portón de Maniobras Logísticas:** Se instalará un portón abatible con las dimensiones estructurales adecuadas para facilitar maniobras de instalación, montaje y mantenimiento correctivo mayor (p. ej., extracción del CCM o Planta de Emergencia). El diseño considerará el tránsito de equipos voluminosos y estará dotado de herrajes mecánicos de alta resistencia (bisagras forjadas con rodamientos lubricados, picaportes de anclaje a piso en ambas hojas y rodajas inferiores para evitar desplomes por fatiga del marco).

- **Protección Anticorrosiva (Vida Útil de 20 Años):** Dado que el cárcamo operará en un ambiente altamente agresivo (alta humedad y concentración de ácido sulfhídrico), todos los elementos de herrería (puertas, portones, marcos y chambranas) contarán con recubrimiento de grado marino/industrial.

  - Se aplicará obligatoriamente una base de primario epóxico catalizado de altos sólidos, seguido de un acabado protector resistente a la corrosión atmosférica severa, certificado bajo los estándares internacionales ISO 12944.

  - Toda la tornillería, herrajes y anclajes expuestos serán estrictamente de acero inoxidable. La Empresa E.P.C. debe garantizar, mediante el *Dossier de Calidad* (*QA/QC*), la integridad estructural de estos elementos durante los 20 años de vida útil del proyecto.

- **Servicios Sanitarios y Área de Higiene (Protocolo HSE):** El edificio de control incluirá un núcleo completo de servicios sanitarios destinado al personal operativo, diseñado y ejecutado bajo los siguientes criterios normativos:

  - **Equipamiento:** Contará con inodoro, lavabo y un área de regadera. La instalación de la regadera es de carácter **obligatorio**, dando cumplimiento a los protocolos de

salud ocupacional (NOM-031-STPS) y mitigación de riesgos biológicos (Pilar S / Estándar IFC PS4). Estos protocolos exigen que el personal se duche obligatoriamente al finalizar su turno, debido al riesgo inherente por exposición a aguas residuales crudas y lodos orgánicos.

- **Hermeticidad Sanitaria:** La instalación hidráulica y sanitaria deberá garantizar la hermeticidad total de las juntas y conexiones mediante el uso de selladores industriales, bridas, cuellos de cera o mastique aprobado. La E.P.C. suministrará la red de alimentación de agua limpia a presión y el sistema de desagüe conectado a la red general.

MOBILIARIO Y EQUIPAMIENTO OPERATIVO (HMI / SCADA).

La Empresa E.P.C. (Participante) tendrá la obligación contractual de suministrar e instalar la totalidad del mobiliario técnico y de oficina necesario para sostener la operación continua e ininterrumpida (24/7/365) del cárcamo de rebombeo y la PTAR FIM. El equipamiento deberá ser diseñado bajo criterios estrictos de ergonomía, funcionalidad industrial y salud ocupacional (NOM-036-STPS), considerando los siguientes elementos innegociables:

- **Mobiliario de Control Táctico:** Se proveerán escritorios técnicos o consolas especializadas de grado industrial, diseñadas específicamente para el alojamiento seguro de estaciones de monitoreo SCADA, servidores, monitores de CCTV y periféricos de telecomunicaciones. Su disposición (*layout*) deberá garantizar que el operador mantenga un ángulo de visibilidad directa y sin obstrucciones hacia los tableros principales y la línea de equipos electromecánicos.

- **Asientos Ergonómicos de Grado Industrial:** Suministro de sillería de uso rudo certificada para operaciones 24/7, equipada con soporte lumbar activo, ajustes ergonómicos multiposición y materiales retardantes al fuego, mitigando la fatiga operativa.

- **Almacenamiento Tecnológico y Trazabilidad:** Se instalarán racks auto soportados y gabinetes metálicos para el resguardo físico de la planimetría "As-Built", bitácoras oficiales de mantenimiento y equipos de repuesto críticos.

- **Cumplimiento Lumínico (NOM-025-STPS):** La distribución del mobiliario respetará los niveles de iluminación normativa vigentes, garantizando de forma auditable un mínimo de 500 lux sobre la superficie horizontal de las consolas de control. Esto es vital para facilitar la lectura de instrumentos y el registro de eventos sin riesgo de fatiga visual.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE SERVICIO Y UTILIZACIÓN.

Para la alimentación de equipos periféricos, herramientas de mantenimiento y dispositivos de soporte, la E.P.C. instalará una red de servicios eléctricos de baja tensión bajo las siguientes especificaciones técnicas y de seguridad industrial:

- **Configuración y Sectorización de Salidas:** Se distribuirán estratégicamente salidas para centros de luz y contactos en todo el perímetro del edificio. El sistema contará obligatoriamente con dos tensiones de utilización diferenciadas e independientes:
  - **Contactos de 120 Volts (Regulados):** Destinados a equipos de cómputo, cargadores y aparatos menores.
  - **Contactos de 220 Volts (Fuerza):** Exclusivos para equipos de soldadura, herramientas de mantenimiento pesado o sistemas de aire acondicionado de precisión que requieran mayor demanda de potencia.
- **Rotulación y Marcado de Seguridad Industrial:** Con la finalidad de erradicar accidentes por arco eléctrico o daños patrimoniales, todos los contactos y tableros deberán estar inequívocamente marcados con su tensión nominal y circuito correspondiente.
  - Cada salida contará con una placa grabada indeleble que indique su voltaje de operación (120V o 220V).
  - Los interruptores termomagnéticos en los tableros de distribución contarán con un directorio impreso y protegido, detallando la carga exacta que alimentan.
- **Identificación Normativa de Conductores (Código de Colores):** La totalidad del cableado deberá estar marcada con el código de colores estipulado en el proyecto ejecutivo y en apego a la NOM-001-SEDE, garantizando una identificación ágil y segura durante maniobras de mantenimiento preventivo o correctivo.
- **Protección de Circuitos y Aprobación UVIE:** Los circuitos de fuerza (contactos) estarán físicamente independizados de los circuitos de alumbrado, cada uno dotado con sus propios dispositivos de protección contra sobre corriente. Como medida innegociable de seguridad, en las áreas propensas a humedad o lavado se instalarán contactos con protección de falla a tierra (GFCI / Interruptor Diferencial). Toda la instalación deberá ser dictaminada y aprobada por una Unidad Verificadora de Instalaciones Eléctricas (UVIE) previo al *Commissioning* (puesta en marcha).

PLANTA DE EMERGENCIA Y SISTEMA DE RESPALDO ENERGÉTICO.

Con el objetivo inquebrantable de garantizar la continuidad operativa de la infraestructura crítica del cárcamo ante cualquier contingencia, micro-cortes o colapso en el suministro de la red de CFE, se instalará un sistema de generación de emergencia basado en motogeneradores de combustión interna a diésel. Este componente es vital para el cumplimiento del modelo, previniendo derrames de agua cruda en la zona urbana (riesgo biológico) y asegurando la integridad de los procesos de ultra pureza de la PTAR FIM.
Este sistema de respaldo y cumplirá con las siguientes especificaciones innegociables:

Capacidad y Autonomía de Combustible:

- **Potencia de Diseño (Black Start):** La planta tendrá la capacidad de arranque en frío (*Black Start*) y el régimen de potencia adecuado para alimentar simultáneamente y sin interrupciones la totalidad de los equipos críticos (bombas de diseño, controladores PID, sistemas de extracción de gases, SCADA, telecomunicaciones y alumbrado de seguridad).

- **Autonomía Estratégica (Reservorio Diésel):** El sistema contará con un reservorio de combustible diésel dimensionado matemáticamente para garantizar una operación continua de al menos 6 horas a plena carga de diseño. El tanque contará con diques de contención herméticos, previniendo derrames accidentales en estricto apego a las normas ambientales de seguridad industrial e hidrocarburos (ASEA / SEMARNAT).

Sistema de Transferencia Automática (ATS) e Inteligencia:

- **Detección y Conmutación Segura:** Se integrará un tablero de transferencia automática (ATS) de alta velocidad, equipado con enclavamiento mecánico y eléctrico redundante que imposibilite la interconexión accidental entre la fuente normal (CFE) y la de emergencia.

- **Lógica de Operación y EMS:** Vinculado al Sistema de Gestión de Energía (EMS), el ATS detectará automáticamente fallas o variaciones de voltaje fuera de rango en la red comercial (Código de Red 2.0). Emitirá la señal de arranque y realizará la transferencia de carga sin afectar los controladores lógicos. Al restablecerse la red CFE, retransferirá la carga y ejecutará el protocolo de enfriamiento para el apagado automático del motor.

- **Monitoreo SCADA:** El tablero transmitirá en tiempo real al SCADA central parámetros críticos (temperatura del motor, presión de aceite, frecuencia, tensión y nivel volumétrico de diésel).

Infraestructura de Instalación y Enfriamiento:

- **Suministro de Aire y Ventilación:** El recinto destinado a la planta contará con ingeniería termodinámica y extracción forzada para garantizar el suministro masivo de aire fresco necesario tanto para la combustión eficiente como para la disipación térmica del sistema de radiadores, evitando el sobrecalentamiento del equipo.

- **Cimentación y Áreas de Trabajo:** La losa de cimentación será de concreto armado de alta especificación, calculada estructuralmente para soportar el peso dinámico y los esfuerzos mecánicos. Se respetarán de manera estricta las distancias mínimas (NOM-STPS) entre el equipo y los paramentos para habilitar maniobras de mantenimiento seguro.

Control Acústico, Vibraciones y Salud Ocupacional:

- **Mitigación Acústica (IFC PS4 y NOM-011-STPS):** El diseño arquitectónico del recinto y la instalación electromecánica integrarán medidas rigurosas para la reducción del impacto sonoro. Se exigirá el uso de barreras acústicas, silenciadores grado hospital/crítico en los escapes y el sellado de penetraciones. Esto garantiza el confort acústico de la comunidad urbana vecina (IFC PS4) y el cumplimiento estricto de la NOM-011-STPS para la protección auditiva del personal operativo.

- **Aislamiento Dinámico:** Se instalarán soportes o almohadillas anti vibratorias especializadas entre la base del motor y la cimentación. Este aislamiento erradicará la transmisión de vibraciones perjudiciales hacia la estructura del edificio, protegiendo así la integridad de los racks de servidores, controladores y equipos electrónicos sensibles.

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM) E INFRAESTRUCTURA DE POTENCIA.

El Centro de Control de Motores (CCM) constituirá el nodo central para el mando, protección y distribución de energía de todos los equipos electromecánicos del cárcamo. Este sistema se diseñará bajo un esquema de alta disponibilidad, eficiencia energética y seguridad operativa. Este componente cumplirá con las siguientes especificaciones:

Configuración del CCM y Variadores de Frecuencia.

- **Diseño Industrial:** El CCM estará conformado por secciones encerradas y auto soportadas, con barras conductoras comunes de cobre electrolítico de alta conductividad para alimentar integralmente las unidades de control. Cada celda deberá incluir los elementos necesarios para la operación de bombas sumergibles a 440 V, controladas mediante variadores de frecuencia (VFD), tales como:

  - Interruptor principal de potencia.
  - Variador de frecuencia para cada bomba, con bypass manual y automático.
  - Contactores de arranque/parada y de transferencia.
  - Guardamotores o relevadores térmicos de protección.
  - Fusibles o interruptores termomagnéticos de protección individual.
  - Bornes de conexión y cableado interno certificado.
  - Instrumentación de medición (voltímetros, amperímetros, indicadores luminosos, medidores de frecuencia).
  - Accesorios de enclavamiento y seguridad.
  - Espacios para futuras ampliaciones. Todos los componentes deberán ser metálicos, con recubrimiento galvanizado en caliente, y contar con certificación de calidad conforme a normas internacionales (IEC, NEMA o equivalentes).

- **Variadores de Frecuencia (VFD):** Cada equipo de bombeo contará con un sistema de variadores de frecuencia dedicado, lo que permitirá realizar arranques y paros suaves, reduciendo el desgaste mecánico y eliminando picos de corriente en la red.

- **Operación en Cascada:** La lógica de control deberá permitir el funcionamiento de las bombas en forma de cascada, activando o desactivando equipos de manera secuencial según la demanda de caudal dictada por los sensores de nivel y el algoritmo PID, garantizando un desgaste uniforme.

Subestación y Transformadores de Potencia

- **Infraestructura Propia:** El proyecto deberá incluir una subestación eléctrica propia con el arreglo y número de transformadores necesarios para cubrir la demanda máxima instalada de la planta.
- **Capacidad de Transformación:** Los transformadores de potencia (superiores a 500 kVA) o de distribución deberán seleccionarse considerando su eficiencia

nominal y un nivel básico de aislamiento adecuado para soportar sobretensiones transitorias.

- **Servicios Propios:** Se deberá prever un transformador de servicios propios (no menor a 300 kVA) para alimentar las cargas de alumbrado, contactos y sistemas de comunicación.

Definición de Voltajes y Levantamiento en Sitio.

- **Identificación de Suministro:** Es obligación del **Participante**, durante la visita obligatoria a las instalaciones, identificar la tensión de suministro proporcionada por la CFE (Media o Alta Tensión) y realizar el levantamiento de cargas correspondiente.

- **Derivación de Niveles de Utilización:** El sistema de transformación y distribución en el CCM deberá diseñarse para derivar y regular los niveles de voltaje necesarios para la operación:

  - **440 V (480 V):** Para motores de fuerza y equipos de bombeo principales.
  - **220 V:** Para equipos auxiliares, sistemas de aire acondicionado y motores fraccionarios.
  - **110 V (127 V):** Para sistemas de iluminación, contactos de oficina, instrumentación y control.

Suministro Dual y Transferencia de Energía.

- **Interconexión de Fuentes:** El CCM deberá contar con conexiones y terminales dimensionadas para recibir el suministro de energía de dos fuentes independientes: la red comercial de CFE y la planta de emergencia.

- **Tablero de Transferencia:** Se integrará un tablero de transferencia con enclavamiento mecánico y eléctrico que detecte automáticamente fallas en la red normal y conmute a la fuente de reserva, asegurando que no exista interconexión accidental entre ambas fuentes.

- **Monitoreo y Medición:** El CCM integrará medidores digitales multifunción para supervisar valores instantáneos de tensión, corriente, frecuencia y factor de potencia, transmitiendo estos datos en tiempo real a la PTAR MADERO.

Corrección del Factor de Potencia (Banco de Capacitores).

Con el fin de optimizar el rendimiento del sistema eléctrico y cumplir con la normativa de la compañía suministradora (CFE), el Participante deberá integrar un sistema de compensación de potencia reactiva que garantice un factor de potencia mínimo de 0.90 en cualquier condición de carga operativa, sin exceder en ninguna circunstancia el valor de 1.0.

El sistema deberá cumplir con las siguientes especificaciones técnicas:

- **Configuración Anti-Resonante:** Debido a que el cárcamo operará con cargas no lineales (Variadores de Frecuencia), es obligatorio que el banco de capacitores sea de tipo automático anti-resonante. Esto es crítico para evitar que las corrientes armónicas generadas por los variadores causen sobrecalentamiento, daños en los fusibles o la explosión de los capacitores.

- **Capacidad y Protecciones:**
  - La ampacidad de los conductores del circuito de capacitores no debe ser menor al **135% de la corriente nominal** del capacitor.
  - Cada fase del banco deberá contar con su propio dispositivo de **protección contra sobre corriente** y un medio de desconexión que abra simultáneamente todos los conductores de fase.

- **Seguridad y Descarga:** El sistema deberá incluir obligatoriamente un medio automático para descargar la energía almacenada, reduciendo la tensión residual a 50 volts o menos en un lapso de 5 minutos tras su desconexión.

- **Gabinete e Instalación:** Los capacitores podrán instalarse en un local independiente o dentro del cuarto de tableros del Edificio de Operación, siempre que se garantice el espacio suficiente para una ventilación adecuada y un mantenimiento seguro. El gabinete debe estar debidamente conectado al sistema de puesta a tierra de la planta.

- **Monitoreo:** El estado del factor de potencia y la operación del banco deberán ser monitoreados digitalmente en tiempo real, enviando la señal de alerta al sistema SCADA en caso de fallas o desviaciones de los valores permitidos.

Sistema de tierras y pararrayos.

El participante en su diseño deberá considerar contar con un sistema de tierras físicas diseñado conforme a la normatividad vigente (NOM-001-SEDE y/o IEC aplicables), garantizando una resistencia máxima de puesta a tierra según especificaciones técnicas.

Dicho sistema deberá estar interconectado a todos los equipos eléctricos, tableros de control, variadores de frecuencia y estructuras metálicas, asegurando la continuidad eléctrica y la protección contra descargas.
Asimismo, se deberá instalar un sistema de pararrayos con bajantes y electrodos de disipación, dimensionado para la protección integral de las instalaciones contra descargas atmosféricas. El contratista deberá garantizar que ambos sistemas cuenten con certificación de calidad, pruebas de resistencia y memoria técnica de cálculo, entregadas como parte de la documentación probatoria del proyecto.

SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y GESTIÓN ANTE LA PARAESTATAL.

El Participante será el responsable integral de gestionar y obtener el suministro de energía eléctrica definitivo para la operación del cárcamo de rebombeo y sus sistemas auxiliares. Esta responsabilidad abarca desde la solicitud inicial de factibilidad hasta la conexión final, incluyendo el cumplimiento de toda la tramitología administrativa y el pago de las contraprestaciones económicas que determine la CFE. Este apartado se regirá bajo las siguientes obligaciones:

Gestión de Factibilidad y Contratación.

- **Procedimiento de Solicitud:** El Participante deberá presentar formalmente la solicitud de servicio bajo el régimen de aportaciones para nuevos servicios en media o alta tensión.

- **Dictamen de Uso de Suelo:** Para servicios en áreas suburbanas o industriales, es obligatorio anexar a la solicitud el dictamen de uso de suelo emitido por la autoridad competente.

- **Acreditación de la Propiedad:** Se deberá presentar la documentación legal (escrituras o actas constitutivas) que acredite la personalidad jurídica para la firma del contrato de suministro.

Obligaciones Económicas y de Infraestructura.

- **Pago de Aportaciones:** El Participante está obligado a cubrir la totalidad de las aportaciones y cargos que se deriven de las obras específicas, ampliaciones o modificaciones necesarias para llevar el suministro hasta el punto de acometida. Los costos se basarán estrictamente en el catálogo de precios aprobado por la Comisión Reguladora de Energía (CRE).

- **Obra Civil y Acometida:** El costo de la obra civil asociada a las acometidas (subterráneas o aéreas) hasta el punto de suministro indicado por la CFE será a cargo exclusivo del Participante.

- **Servidumbres y Terrenos:** En caso de que la infraestructura eléctrica requiera atravesar predios de terceros, el Participante será el responsable de los trámites para la constitución de servidumbres de paso, indemnizaciones y, en su caso, la donación de terreno para subestaciones particulares conforme al manual de diseño vigente.

Validación Técnica y Seguridad (UVIE).

- **Dictamen de Verificación:** Al tratarse de una instalación industrial con servicios suministrados en media o alta tensión, el Participante debe presentar obligatoriamente el dictamen de verificación de instalaciones eléctricas emitido por una Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas (UVIE) aprobada por la Secretaría de Energía. Sin este dictamen, la CFE no procederá a la energización de las obras.

- **Certificación de Equipos:** Todos los transformadores y equipos de potencia a instalar deben cumplir con la norma NOM-002-SEDE y contar con informes de pruebas de rutina del fabricante.

Intercambio de Información Técnica con CFE.

El Participante deberá proporcionar a la CFE los datos técnicos precisos para el estudio de carga, incluyendo:

- Demanda máxima requerida y capacidad instalada.

- Características de los motores (potencia, tipo de arranque, tensión de utilización).

- Necesidades de continuidad del servicio para procesos críticos.

A su vez, deberá obtener de la paraestatal la tensión de suministro, las tolerancias de variación de tensión/frecuencia y la capacidad de cortocircuito en el punto de entrega para el correcto ajuste de las protecciones en el CCM.

Selección de Tarifa y Eficiencia.

El Participante deberá evaluar y proponer la tarifa de suministro más eficiente para la operación (ej. Tarifa 6 para bombeo de agua residual), buscando siempre el equilibrio técnico-económico que beneficie los costos de operación (Tarifa T2) del proyecto.

Energía Eléctrica para la Operación del Cárcamo.

El Participante tendrá la obligación de realizar un análisis técnico-económico exhaustivo del consumo energético requerido para la operación ininterrumpida del cárcamo de rebombeo durante las 24 horas del día. Este estudio constituye la base para la proyección de costos operativos que deberán integrarse de forma desglosada en su Propuesta Económica, específicamente dentro de la estructura de la Tarifa T2 (Tarifa fija por mantenimiento y operación). Para la conformación de este análisis, el Participante deberá cumplir con los siguientes criterios:

- **Levantamiento Integral de Cargas:** El cálculo de la demanda máxima debe incluir la totalidad de los componentes electromecánicos, tales como: motores de las bombas de diseño y respaldo, sistemas de limpieza mecánica de rejillas, bandas transportadoras de residuos, extractores de gases del sistema de biofiltración, sistemas de aire acondicionado del edificio de operación, iluminación técnica y equipos de automatización y SCADA.

- **Determinación de la Potencia y el Consumo:**
  - Se deberá calcular la potencia eléctrica (kW) requerida basándose en el gasto de diseño, la carga dinámica total y las eficiencias reales del conjunto motor-bomba propuesto.

  - La estimación del consumo de energía (kWh) mensual y anual deberá reflejar el régimen operativo, considerando los arranques suaves mediante variadores de frecuencia y la operación en cascada controlada por el algoritmo PID.

- **Selección de Tarifa CFE:** El análisis económico debe realizarse utilizando las tarifas vigentes de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). El Participante deberá evaluar y proponer la opción más rentable, ya sea la Tarifa 6 (específica para bombeo de aguas residuales) o las tarifas de media tensión (H-M u O-M) si la demanda supera los 100 kW, justificando su elección en la propuesta técnica.

- **Garantía de Eficiencia y Factor de Potencia:**

  - El diseño deberá buscar la menor intensidad energética posible (kWh/m³ de agua bombeada) mediante la selección de equipos de alta eficiencia.

  - Se deberá garantizar un factor de potencia mínimo de 0.90, integrando bancos de capacitores automáticos para evitar penalizaciones por energía reactiva, las cuales no serán reembolsables bajo ningún concepto.

SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA (CCTV) EN ACCESOS, ÁREAS CRÍTICAS Y EDIFICIO.

Se instalará un sistema integral de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) basado en tecnología IP de alta definición para garantizar la seguridad perimetral, la integridad de los activos y la supervisión constante de las maniobras operativas. Este sistema funcionará como una herramienta de apoyo tanto para el personal en sitio como para la administración central en la PTAR FIM. El sistema se integrará bajo las siguientes especificaciones técnicas:

- **Cobertura y Localización Estratégica:** El Participante deberá garantizar la cobertura total de las siguientes áreas sin puntos ciegos:

  - **Acceso Principal y Barda Perimetral:** Monitoreo del portón vehicular y la puerta de acceso a personal. Las cámaras deberán tener capacidad de reconocimiento facial y registro de placas vehiculares en condiciones de iluminación variable.

  - **Área de Bombeo y Pretratamiento:** Supervisión directa del canal de llegada, el funcionamiento de las rejillas automáticas y la zona de succión en el cilindro. Estas cámaras deberán contar con grado de protección IP67 para resistir la humedad y la corrosión ambiental.

  - **Interior del Edificio de Operación:** Vigilancia del Centro de Control de Motores (CCM), el área de la planta de emergencia y el Cuarto de Control para registrar el acceso y manipulación de los tableros de potencia y automatización.

Características del Equipamiento.

- **Tecnología de Imagen:** Cámaras digitales con resolución mínima de 4 Megapíxeles y tecnología *True WDR* para compensar sombras y deslumbramientos.

- **Visión Nocturna:** Iluminadores infrarrojos (IR) integrados de largo alcance para la vigilancia perimetral nocturna.

- **Resistencia a la Corrosión:** Todos los soportes, carcasas y herrajes de montaje en el área de bombeo y exteriores deberán ser de materiales resistentes a la corrosión (preferentemente acero inoxidable o polímeros de alta resistencia) para soportar la exposición a gases.

Gestión, Grabación y Monitoreo Dual.

- **Almacenamiento:** Se instalará un Grabador de Video en Red (NVR) de grado industrial con almacenamiento redundante que permita conservar los registros por un periodo mínimo de 30 días.

- **Monitoreo Local:** En el Cuarto de Control del cárcamo se instalará un monitor industrial de alta definición integrado al mobiliario técnico, permitiendo al operador la supervisión en vivo de las maniobras de mantenimiento.

- **Telecontrol (PTAR FIM):** El sistema deberá estar plenamente integrado a la red de datos para permitir la transmisión de video en tiempo real a la PTAR FIM. El centro de control principal tendrá acceso total a las grabaciones y a las vistas en vivo para la toma de decisiones administrativas y de emergencia.

Respaldo y Continuidad.

El sistema de video deberá estar conectado al sistema de Fuerza Interrumpible (UPS) del edificio de operación, garantizando la grabación y el monitoreo incluso durante el tiempo de transferencia a la planta de emergencia ante una falla de CFE.

RED DE AGUA POTABLE A PRESIÓN Y SISTEMA DE CAPTACIÓN DE LAVADO.

El cárcamo de rebombeo deberá contar con un sistema hidráulico integral diseñada para las labores de limpieza profunda de las áreas de trabajo, el mantenimiento de los equipos de pretratamiento y la mitigación de acumulaciones de grasas y sólidos en las estructuras de concreto. Este sistema se compondrá de los siguientes elementos:

Red de Agua Potable y Sistema de Presurización.

- **Suministro y Calidad:** El sistema se alimentará de la red municipal de agua potable para garantizar una fuente de agua limpia, libre de materia orgánica que pudiera obstruir las boquillas de limpieza.

- **Presurización Industrial:** Se instalará un sistema hidroneumático o equipo de bombeo tipo *booster* capaz de proporcionar una presión de operación de al menos 700 kPa (100 psi) en los puntos de salida. Esta presión es indispensable para remover eficazmente

los sólidos adheridos mediante el uso de mangueras de alta presión o aspersores industriales con conexiones rápidas al punto de conexión.

- **Distribución y Salidas:** Se distribuirán estratégicamente hidrantes de pared (tomas de agua) con herrajes de uso rudo y tomas rápidas para la conexión de las mangueras en las siguientes zonas:
  - Cercanía del canal de llegada (limpieza de rejillas y compuertas).
  - Periferia del cilindro de almacenamiento (lavado de muros para control de grasas).
  - Interior del Edificio de Operación (áreas de mantenimiento mecánico).
- **Materiales:** Toda la red interna de distribución será de materiales certificados para agua a presión, como polietileno de alta densidad (PEAD) o PVC Cédula 80, garantizando que no existan fugas ni corrosión galvánica.

Red de Captación y Drenaje Operativo

- **Diseño de Pisos y Pendientes:** Las áreas de trabajo y el piso del edificio de operación deberán contar con pendientes adecuadas (mínimo 1:8 en zonas críticas de escurrimiento) dirigidas hacia registros o canaletas de captación. Esto evitará el encharcamiento y la formación de focos de infección por humedad.
- **Estructuras de Captación:** Se instalarán rejillas de piso con trampas de sedimentos y grasas integradas para capturar sólidos gruesos antes de que el agua de lavado ingrese a la red de retorno.
- **Recirculación al Proceso:** Por razones de control ambiental y eficiencia operativa, el 100% del agua producto del lavado deberá ser captada y enviada de retorno al inicio de la planta (canal de llegada), integrándose nuevamente al proceso de tratamiento para evitar descargas no controladas al subsuelo o fuera del predio.

Protocolos de Higiene y Protección de Activos.

- **Control de Corrosión:** Dado que estas son "áreas mojadas" permanentes, todos los soportes de la tubería, pernos y abrazaderas deberán ser estrictamente de material resistente a la corrosión o contar con protección anticorrosiva probada.

- **Operación Diaria:** El Participante deberá considerar en su plan de operación el lavado diario de las áreas circundantes al pretratamiento con soluciones desinfectantes (cloro o peróxido de hidrógeno) para eliminar olores y prevenir la proliferación de insectos.

Criterios de Complementariedad Técnica.

Se reconoce que la normatividad presentada en los manuales anteriores representa una guía técnica que debe complementarse obligatoriamente con la mejor práctica de la ingeniería. En consecuencia:

- **Normatividad Supletoria:** En aquellos casos donde existan aspectos técnicos o situaciones específicas no estipuladas explícitamente en los manuales de referencia de la CONAGUA, los proponentes deberán utilizar otras referencias técnicas, estándares o normas nacionales (NOM/NMX) e internacionales vigentes (como AWWA, ASTM, ISO o NEC).

- **Obligación de Soporte:** En estos supuestos, el **Participante** tiene la condición obligatoria de citar la fuente de información y anexar íntegramente los datos de la normatividad utilizada para el diseño o procedimiento propuesto en su propuesta técnica.

- **Memoria de Cálculo:** Todas las memorias de cálculo deberán estar debidamente firmadas por especialistas y acompañadas de la justificación normativa que ratifique los valores e índices seleccionados.

- **NOTA IMPORTANTE SOBRE LA RESPONSABILIDAD EN CAMPO:** Es obligación irrenunciable del Participante realizar el reconocimiento y recorrido a pie del sitio del proyecto para obtener la sensibilidad necesaria sobre los obstáculos y condiciones reales.

  - **Validación de Estudios:** El Participante es el único responsable de la localización general, alineamientos y niveles de la obra. Para el proyecto ejecutivo, es obligatorio realizar un levantamiento topográfico definitivo en sitio, ya que en este se basa el análisis hidráulico y la cuantificación de obra; no se permite el uso de cartografía de internet que no sea corroborada en campo.

  - **Mecánica de Suelos:** En ningún caso se deberá comenzar el diseño estructural o la construcción sin concluir previamente los estudios de mecánica de suelos y laboratorio correspondientes al sitio específico de desplante. Estos estudios deben

definir los perfiles estratigráficos, niveles freáticos y la capacidad portante del terreno para garantizar la integridad estructural del cilindro y el edificio de operación.

- **Memoria de Cálculo:** Todos los estudios y memorias de cálculo deberán tener anexa la información de la normatividad utilizada para el diseño.

LINEAMIENTOS AMBIENTALES EN LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL CARCAMO DE LA PTAR FIM.

Para garantizar que el Cárcamo de Rebombeo de la PTAR FIM el Participante es el responsable absoluto de garantizar la construcción y operación bajo criterios de sustentabilidad y cumplimiento normativo, se establecen los siguientes Lineamientos Ambientales integrales. Estos lineamientos buscan minimizar los impactos negativos en el entorno urbano y garantizar la protección de los recursos naturales durante los 20 años de vigencia del contrato.

Marco Normativo y Cumplimiento Legal.

El diseño, construcción y operación del cárcamo deben alinearse estrictamente con la legislación ambiental mexicana vigente, destacando:

- **NOM-001-SEMARNAT-2021:** Representa el estándar actual para las descargas de aguas residuales en bienes nacionales, estableciendo límites más rigurosos para parámetros como la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Toxicidad Aguda.

- **NOM-004-SEMARNAT-2002:** Regula las especificaciones de los biosólidos y lodos generados para su aprovechamiento o disposición final segura.

- **Manifestación de Impacto Ambiental (MIA):** Es obligatorio validar el proyecto ante la autoridad federal (CONAGUA) o local y contar con la resolución de impacto ambiental correspondiente antes del inicio de obras.

Control de Emisiones Atmosféricas y Olores.

Dado que el cárcamo se ubica en una zona urbana, el control de gases es crítico para evitar molestias a la comunidad.

- **Prevención de Condiciones Sépticas:** Se debe diseñar el volumen del cárcamo para un tiempo de retención que minimice el desarrollo de condiciones anaerobias y la producción de ácido sulfhídrico.

- **Sistemas de Ventilación y Biofiltración:** En instalaciones cerradas, se requiere ventilación mecánica continua y el tratamiento de las corrientes de aire mediante sistemas de biofiltración o inyección de aire para la oxidación de compuestos reducidos.

- **Diseño Hidráulico:** Se deben eliminar saltos hidráulicos y condiciones que causen turbulencia excesiva, priorizando las llegadas de agua sumergidas para evitar la liberación de gases olorosos.

Protección de Suelo y Aguas Subterráneas.

Para evitar la infiltración de contaminantes al acuífero, se establecen las siguientes medidas:

- **Hermeticidad Estructural:** El cárcamo y los tanques deben construirse con concreto resistente a sulfatos y recubrimientos epóxicos de altos sólidos que prevengan grietas y filtraciones, las cuales son sancionadas como delitos ambientales.

- **Gestión de Lixiviados:** Las áreas de deshidratación de lodos o almacenamiento temporal deben contar con terrenos impermeabilizados y sistemas de captación de lixiviados para su retorno al inicio del proceso.

- **Prevención de Derrames:** Se debe contar con protocolos de limpieza inmediata para derrames de lodos o químicos tanto en ruta como en el sitio, utilizando agentes de cal o enmascarantes químicos para mitigar el impacto inmediato.

Mitigación de Ruido y Vibraciones.

El equipo electromecánico (bombas y sopladores) debe cumplir con la **NOM-011-STPS** y criterios ambientales de vecindad.

- **Aislamiento Acústico:** Se deben emplear silenciadores de grado crítico, casetas insonorizadas para equipos de aire y, de ser posible, el uso de barreras naturales (árboles) o terraplenes para disipar el ruido hacia zonas pobladas.

- **Control de Vibraciones:** Instalación de amortiguadores anti vibratorios en motores para evitar la transmisión de ondas mecánicas a través del suelo o la estructura.

Manejo de Residuos y Subproductos.

- **Lodos Residuales:** Los lodos deben ser estabilizados y deshidratados para cumplir con las pruebas de No Peligrosidad (CRIT) antes de su disposición.

- **Gases de Efecto Invernadero:** Se recomienda, en etapas posteriores o digestores, la **captura y quema controlada de biogás** (metano) para reducir su impacto atmosférico o su aprovechamiento energético para autoconsumo.

- **Residuos Sólidos:** Los sólidos retenidos en rejillas (basura y arena) deben disponerse en recipientes con tapa para evitar la proliferación de vectores (moscas y roedores) y ser trasladados a rellenos sanitarios autorizados.

Eficiencia Energética.

El participante debe buscar la menor intensidad energética (kWh/m³ de agua bombeada) mediante la selección de motores de alta eficiencia y variadores de frecuencia, contribuyendo a la reducción de la huella de carbono del proyecto.

Dictaminación Eléctrica (UVIE).

Debido a la criticidad de la instalación, el proyecto eléctrico deberá ser evaluado y dictaminado por una Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas (UVIE) aprobada por la Secretaría de Energía. El Participante proporcionará el Dictamen de Verificación como requisito indispensable en el informe final para la energización por parte de la CFE.

LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE CÁRCAMO DE REBOMBEO A PTAR FIM.

La línea de conducción de agua residual cruda representa la arteria vital del proyecto Agua Responsable FIM, ya que es el vínculo físico que permite la transición del agua desde su captación en el Cárcamo de Rebombeo FIM hasta su transformación en la PTAR Madero. Su importancia radica en que debe garantizar un flujo de operación de 200 l.p.s y flujos extraordinarios de hasta 300 l.p.s. sino también asegurar que el recurso llegue al punto de entrega con la carga hidráulica (altura) suficiente para permitir que el tren de tratamiento biológico opere por gravedad, optimizando así la eficiencia energética del sistema. Esta infraestructura es el primer paso operativo para convertir un pasivo ambiental en un activo económico estratégico para el municipio.

Definición de Trayectoria y Ubicación del Terreno.

La trayectoria definitiva y la distancia total de la línea de conducción quedarán determinadas una vez que el participante (Empresa Tecnóloga) defina y adquiera el terreno para la ubicación de la PTAR, conforme a las atribuciones de la Empresa de Propósito Único (EPU) estipuladas en el modelo de negocios. Es obligación del participante realizar el reconocimiento y recorrido a pie del sitio para identificar obstáculos y condiciones reales del relieve y suelo. La localización final de la planta y el trazo de la línea deben ser validados mediante un levantamiento topográfico definitivo en campo, prohibiéndose el uso de cartografía de internet que no sea corroborada directamente.

- **Responsabilidad en Afectaciones y Servidumbres.**

El participante asumirá la responsabilidad integral de cualquier afectación que el trazo de la línea pudiera causar a pequeños propietarios o terceros. En caso de que la trayectoria deba atravesar predios privados, el participante será el único encargado de
Realizar los trámites legales para la constitución de servidumbres de paso, gestionar y cubrir el costo de las indemnizaciones correspondientes, Acreditar ante el organismo operador la posesión legal o los permisos de uso de suelo necesarios para garantizar la viabilidad del proyecto por sus 20 años de vigencia.

- **Prioridad de Trazo en Terrenos Públicos e Infraestructura Existente.**

Para minimizar conflictos sociales y asegurar la certeza jurídica de la infraestructura a largo plazo, el diseño de la trayectoria deberá atender, en orden de prelación, el uso de Terrenos del Estado, del Municipio y de la Federación, se priorizará el alojamiento de la tubería en la vía pública, tales como carreteras estatales, municipales, zonas de derecho de vía de caminos existentes y derechos de vías de infraestructura hidráulica propiedad de CONAGUA.
Infraestructura Hidráulica de la CONAGUA: Se podrá considerar el aprovechamiento de franjas de terreno en zonas federales de cauces o cuerpos de agua, siempre que se tramite el permiso de ocupación y se respeten las delimitaciones normativas de la autoridad federal. Cualquier cruce con infraestructura existente (carreteras, ferrocarriles o ductos) deberá diseñarse respetando los alineamientos y niveles de las líneas ya establecidas, incluyendo las estructuras de protección necesarias

Parámetros de Diseño Hidráulico.

El diseño debe considerar la capacidad de conducción para los caudales establecidos, asegurando la integridad estructural y la eficiencia operativa:

- **Gasto de Diseño:** Se utilizará un flujo nominal de 200 l.p.s para el dimensionamiento base.

- **Gasto Máximo Extraordinario:** El sistema deberá revisarse bajo una condición de 300 l.p.s para asegurar que las velocidades no excedan los límites que provoquen erosión en las paredes de la tubería.

- **Velocidades Recomendadas:** Para líneas de descarga, se debe buscar un rango de 1.5 a 2.5 m/s. En casos extraordinarios y tramos cortos, se pueden aceptar velocidades mayores, pero deben ser justificadas técnicamente.

Análisis del Diámetro Económico (Balance CAPEX vs. OPEX).

El proyectista está obligado a realizar un análisis comparativo para determinar el diámetro que optimice el costo total del ciclo de vida de la obra.

- **Ecuación de Bresse (Punto de Partida):** Como estimación inicial, se sugiere la fórmula. Para 200 l.p.s, esto sugiere un diámetro cercano a los 536 mm (aprox. 21 pulgadas).

- **Costo Integrado:** Se debe aplicar la ecuación, donde:

  - **(CAPEX):** Costo de adquisición e instalación de la tubería de PVC.
  - **(CAPEX):** Inversión en el equipo de bombeo (motores y bombas).
  - **(OPEX):** Costo de la energía eléctrica proyectado a la vida útil (20-25 años).

- **Justificación:** Un diámetro menor reduce la inversión inicial (CAPEX) pero aumenta las pérdidas por fricción, exigiendo motores más potentes y mayor consumo eléctrico (OPEX); el diámetro ideal es aquel donde la suma de estos costos es mínima. La ecuación de Bresse se emplea como estimación inicial del diámetro hidráulico; el diámetro final debe definirse mediante análisis hidráulico detallado y balance económico CAPEX/OPEX.

Especificaciones del Material (PVC).

La tubería deberá cumplir con los estándares de calidad y hermeticidad exigidos por CONAGUA:

- **Normatividad:** Se empleará PVC que cumpla con las normas AWWA C900 o C905, o en su defecto la NMX-E145/1.

- **Uniones:** Deben ser de tipo espiga-campana con anillo de hule hermético (material elastómero) que cumpla con la norma NMX-T-021-SCFI-2009.

- **Certificación:** Toda la materia prima y el producto terminado deben contar con certificación de calidad aprobada y marcado legible con el sello de certificación y la leyenda "Hecho en México".

Dispositivos de Control y Protección (Válvulas y Cajas).

Para garantizar la operatividad y evitar fenómenos transitorios (golpe de ariete), la línea contará con:

- **Válvulas de Admisión y Expulsión de Aire:** Se instalarán en los puntos altos del trazo para evitar depresiones y en tramos planos a distancias de entre 500 y 1,000 metros.

- **Válvulas de Desagüe:** Ubicadas en los puntos más bajos para permitir el vaciado de la línea en mantenimientos.

- **Cajas o Registros:**

  - Deben permitir una separación mínima de 30 cm entre el muro y cualquier brida o válvula.
  - La altura libre sobre el lomo del tubo debe ser de al menos 1.20 m para facilitar maniobras.
  - Las losas y tapas deben ser diseñadas para soportar cargas de tránsito si se ubican en vialidades, preferentemente con marcos de fierro fundido.

Validación y Supervisión.

- **Pruebas de Hermeticidad:** Antes de la puesta en servicio, la línea debe someterse a una prueba hidrostática de campo de acuerdo con la NOM-001-CONAGUA-2011 para garantizar cero fugas en juntas y piezas especiales.

- **Supervisión Técnica:** Todos los trabajos de instalación serán validados por el **Residente de Obra**, quien supervisará que el tendido y las plantillas de apoyo cumplan con las especificaciones del manual.

Detección de Infraestructura Subterránea mediante Georadar.

Previamente al inicio de cualquier excavación o perforación, el Contratista tendrá la obligación de disponer de información exacta sobre todas las instalaciones subterráneas existentes en la trayectoria proyectada. Para validar y complementar los planos existentes, es estrictamente obligatorio realizar un estudio de prospección en todo el trayecto mediante

un sistema de Georadar (transmisión de impulsos electromagnéticos). Este estudio tiene como finalidad detectar de manera precisa la posición y profundidad de:

- **Servicios de comunicación:** Líneas de fibra óptica y registros telefónicos.
- **Conducciones energéticas:** Líneas eléctricas subterráneas, gasoductos y oleoductos.
- **Infraestructura hidráulica:** Redes de agua potable y alcantarillado existentes.

Control de Calidad y Laboratorio Certificado.

Para garantizar la integridad estructural de la tubería y su correcto funcionamiento durante los 20 años de vida útil previstos, el Contratista deberá contratar los servicios de un laboratorio de análisis debidamente acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Este laboratorio será responsable de certificar el cumplimiento de la resistencia y grado de compactación del suelo en las siguientes etapas:

- **Plantilla de Apoyo:** Verificación de que la cama de material inerte de 10 cm (mínimo) ofrezca la consistencia necesaria y una superficie nivelada para el asiento del tubo.

- **Relleno Compactado y Apisonado:** Control mediante la **prueba Proctor** para asegurar que el relleno se realice en capas horizontales (máximo 15 cm de espesor) con la humedad óptima para alcanzar la máxima compactación requerida por el proyecto.

Referencias Técnicas de CONAGUA para Detalles Constructivos.

Para la construcción de la línea de conducción del proyecto Agua Responsable FIM, el participante deberá considerar las siguientes referencias técnicas oficiales de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), las cuales deben ser consultadas para asegurar el cumplimiento normativo y constructivo:

1. **Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.**
2. **Especificaciones Generales para la Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado.**
3. **Estudios Técnicos para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Topografía y Mecánica de Suelos.**
4. **Estudios Técnicos para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño Estructural.**
5. **Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado.**
6. **Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS): Proyectos Ejecutivos.**
7. **Libro 15. Cálculo, Estudio y Diseño de Instalaciones Mecánicas.**

8. **Libro 16. Cálculo, Estudio y Diseño de Instalaciones Eléctricas.**
9. **Libro 17. Selección de Equipo y Materiales Electromecánicos.**
10. **Libro 18. Instalación y Montaje de Equipos Electromecánicos.**
11. **Libro 42. Mantenimiento y Reparación de Tuberías y Piezas Especiales.**
12. **Especificaciones Generales para la Construcción de Sistemas No Convencionales de Agua Potable y Saneamiento.**

Estas referencias constituyen el marco normativo federal para el diseño, cálculo de tuberías a presión, excavaciones, rellenos y montaje de infraestructura hidráulica.

LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE CÁRCAMO DE REBOMBEO A PTAR FIM "LLEGADA A LA PTAR FIM ANTES DE LA INTERCONEXION A CRIBAS FINAS".

Instrumentación de Medición de Caudal en la Llegada.

Previamente a la interconexión con el sistema de cribado fino, se instalará un medidor de flujo ultrasónico tipo carrete (bridad) para conducto cerrado.

- **Tecnología y Operación:** El equipo deberá utilizar el principio de efecto Doppler o tiempo de tránsito, garantizando la precisión en aguas con sólidos en suspensión.

- **Automatización:** El medidor debe contar con un sistema de salida remota con protocolos de comunicación compatibles con el Sistema de Automatización y Control de la PTAR. La información del caudal de ingreso debe transmitirse en tiempo real para permitir el monitoreo permanente y la toma de decisiones operativas inmediatas.

Criterios de Diseño Hidráulico por Gravedad.

El punto de interconexión con las cribas finas debe situarse a una altura mínima necesaria que garantice que todo el tren de tratamiento biológico posterior (desde el Bio-P y aireación hasta la salida de los clarificadores secundarios) funcione exclusivamente por fuerza de gravedad.

- **Propósito:** Este diseño es crítico para maximizar la eficiencia energética del proyecto, eliminando la necesidad de bombeos intermedios y reduciendo los costos operativos (OPEX) durante los 20 años de vigencia del modelo de negocio.

Soportería y Protección contra la Corrosión.
Debido a la naturaleza corrosiva del ambiente en una planta de tratamiento (presencia de humedad y gases), la infraestructura de soporte debe ser de alta durabilidad:

- **Estructura Metálica Elevada:** La tubería aérea será soportada por estructuras de acero recubiertas mediante galvanizado por inmersión en caliente. Este recubrimiento debe cumplir con la norma NMX-H-004-SCFI-2008 y contar con su respectiva certificación de espesor y adherencia.

- **Accesorios de Sujeción:** Todos los elementos de fijación, tornillería, espárragos, tuercas y abrazaderas deben ser fabricados estrictamente en acero inoxidable (preferentemente grado 316) para prevenir la degradación mecánica y asegurar la integridad de los activos a largo plazo.

ESTRUCTURA PARA EL TRATAMIENTO PRIMARIO (REMOSION DE SOLIDOS) PTAR FIM.

Para la definición de los Términos de Referencia de la estructura que albergará el sistema de Cribado Fino y Desarenador de la PTAR FIM, se establecen los siguientes requerimientos técnicos y de seguridad basados en la normativa federal y las mejores prácticas de ingeniería:

Obra Civil y Estructural.

- **Material de la Estructura:** Se construirá íntegramente en concreto reforzado con una resistencia proveniente de la memoria de cálculo que emita el participante, con dimensiones aptas para el manejo del proceso de hasta 200 l.p.s.. Para garantizar la durabilidad ante el ataque químico de los gases del agua residual, se deberá utilizar obligatoriamente Cemento CPO RS (Resistente a Sulfatos).

- **Recubrimientos y Acabados:** Los elementos metálicos como escaleras, pasamanos y pasillos serán de acero estructural con recubrimiento galvanizado por inmersión en caliente, cumpliendo con la norma NMX-H-004-SCFI-2008.

- **Sujeción de Alta Resistencia:** Todos los accesorios de sujeción, tornillería, pernos y herrajes expuestos deberán ser de acero inoxidable (grado 316) para prevenir la corrosión galvánica y asegurar la vida útil de 20 años.

- **Protección Ambiental:** La estructura contará con cubiertas para brindar protección contra la intemperie y rayos solares a los equipos electromecánicos, evitando su degradación prematura.

Infraestructura del Proceso (Cribado y Desarenado).

La estructura debe estar diseñada para albergar y operar eficientemente los siguientes componentes:

- **Desarenador de Canal Aireado:** Construido en concreto, contará con dos depósitos de arenas en el fondo. Se integrarán válvulas solenoides para el suministro y bloqueo de aire de los sopladores, así como para el sistema de lavado de arenas.

- **Extracción y Clasificación:** Se instalarán equipos de extracción tipo airlift para elevar la arena de forma intermitente hacia un equipo clasificador de arenas común para ambos canales.

- **Cribas Finas:** El diseño permitirá que las cribas finas operen con su sistema de limpieza automática, requiriendo una toma de agua a presión para su correcto funcionamiento.

- **Sistema de Control de Olores y Gases (Específico para Cribas Finas):** El diseño de la infraestructura deberá armonizar para albergar el sistema de extracción forzada de olores y gases corrosivos interconectadas a solo a las cribas finas.

- **Protección de las irradiaciones del sol e intemperie.** Por protección a las estructuras de los equipos y propios de las instalaciones de potencia y control del sistema, el diseño deberá contar con estructuras metálicas con recubrimiento anticorrosivo galvanizado en caliente y techumbre a opción del participante podrá ser de lámina tipo Pintro del calibre requerido por la memoria de cálculo y diseño arquitectónico o paneles solares que ayudaran al consumo energético en la operación.

Servicios y Sistemas Auxiliares.

- **Sistema de Agua a Presión:** Se instalará una red de agua con sistema hidroneumático capaz de proporcionar al menos 700 kPa (100 psi). Contará con tomas y mangueras de **conexión rápida** para el lavado de áreas y el funcionamiento de las cribas.

- **Captación de Lavado:** Los pisos tendrán pendientes mínimas de 1:8 hacia canaletas de captación, redirigiendo el 100% del agua de lavado directamente al desarenador para su reincorporación al proceso.

- **Infraestructura Eléctrica:** Las instalaciones de fuerza (440V), auxiliares (220V) e iluminación (110V) serán aptas para intemperie (grado de protección IP 65 / NEMA 4) y con materiales resistentes a la corrosión atmosférica.

Seguridad, Señalización y Salud.

- **Iluminación de Operación:** Se garantizará una iluminación técnica de entre 300 y 500 lux en áreas de proceso para permitir una operación segura durante los turnos nocturnos.

- **Señalética y Extintores:** Toda el área contará con señalización de seguridad bajo la norma NOM-003-SEGOB o NOM-026-STPS. Se instalarán extintores Tipo C (para riesgos eléctricos) debidamente señalados y a una distancia no mayor a 15 metros de los accesos.

- **Delimitación de Áreas:** Los pisos utilizarán señalización de colores (franjas de seguridad) para delimitar las zonas de equipos y las rutas seguras de paso para los operadores.

- **Control de Olores:** La estructura debe contemplar la adecuación física para la instalación de un sistema anti-olores por extracción forzada, similar al sistema de biofiltración orgánica del cárcamo.

Logística de Residuos y Maniobras.

- **Disposición de Sólidos:** La estructura estará preparada para conducir los sólidos y arenas captadas directamente hacia contenedores de basura industrial.

- **Acceso Vehicular:** El diseño debe prever espacio libre y rampas para el acceso de camiones industriales pesados que realizarán el vaciado de contenedores.

- **Pisos Reforzados:** Las losas en las zonas de carga y maniobras de contenedores serán de concreto reforzado con espesores calculados para soportar el peso y las vibraciones de los camiones de carga pesada.

Sistema de Control de Olores y Gases (Específico para Cribas Finas).

Debido a que el pretratamiento es la zona con mayor potencial de generación de gases corrosivos y olores, se debe integrar un sistema de gestión atmosférica:

- **Extracción y Captación:** El diseño de la estructura debe incluir la adecuación física (ducterías y soportes) para un sistema de extracción forzada mediante ventiladores centrífugos resistentes a la corrosión química.

- **Tratamiento por Biofiltración:** Los gases extraídos de la zona de cribado fino deben ser conducidos a un biofiltro de lecho orgánico (mezcla de estiércol y aserrín) para la eliminación de ácido sulfhídrico.

- **Concepto de "Sistema de Sacrificio":** Este componente se dimensionará para recibir el impacto directo de la corrosión, protegiendo así los equipos electromecánicos de alto costo de las cribas y el desarenador.

Sistema de Fuerza de Energía Eléctrica y Utilización: Distribución de Niveles de Tensión La infraestructura eléctrica para el área de pretratamiento se diseñará para garantizar un suministro ininterrumpido y eficiente de energía proveniente del Centro de Control de Motores (CCM) de la PTAR. El sistema deberá derivar y regular los siguientes niveles de voltaje para cubrir la demanda total de la zona.

- **480 V (440 V):** Destinado exclusivamente a los motores de fuerza de las cribas finas mecanizadas, sopladores de aire para el desarenador y equipos de extracción de arenas.

- **220 V:** Para la alimentación de motores fraccionarios, válvulas solenoides de lavado y equipos auxiliares de la zona.

- **127 V / 110 V:** Para el sistema de iluminación técnica de operación, instrumentación de control, sensores de monitoreo de gases y el sistema SCADA local.

Sistema de Control de los Equipos (Infraestructura y Tableros): El diseño deberá contar con la infraestructura correspondiente para albergar el tablero de control proveniente del sistema de control general de la PTAR FIM ubicado en el CCM, que deberá proteger de la intemperie y de posibles gases al tablero que lo albergará. El tablero deberá ser apto para la zona y sellado, cumpliendo estrictamente con la especificación NEMA 4X. Especificaciones Técnicas del Tablero:

- **Grado de Protección:** La envolvente debe ser del tipo NEMA 4X, lo que garantiza que sea hermética al agua, al polvo y, fundamentalmente, resistente a la corrosión. Esta característica es indispensable para soportar la exposición directa a la humedad y la acción química de los gases ionizados (ácido sulfhídrico) propios del agua residual cruda.

- **Material de Fabricación:** Se preferirá el uso de gabinetes fabricados en acero inoxidable grado 316 o materiales poliméricos de alta resistencia (poliéster) con acabados especiales para resistir la corrosión atmosférica.

- **Sellado de Entradas:** Todas las conexiones de cables deberán realizarse mediante conectores de cables tipo glándula herméticos. Asimismo, se deberá instalar un accesorio de sellado a la entrada de la tubería Conduit para prevenir de manera efectiva la migración de gases desde el proceso hacia el interior de la caja de control.

- **Instalación y Montaje:** El tablero deberá montarse de modo que quede un espacio libre mínimo de 6.5 milímetros entre la envolvente y la superficie de soporte para evitar la acumulación de humedad en la parte posterior.

- **Protección Térmica Interna:** El gabinete deberá contar con resistencias calefactoras controladas por termostato para evitar la condensación de humedad interna causada por los cambios de temperatura ambiente, protegiendo así los componentes electrónicos y PLC's.

Esta configuración asegura que el cerebro electrónico que controla las cribas finas y el desarenador opere de manera confiable durante los 20 años de vigencia del proyecto, minimizando fallas por degradación química o cortocircuitos por humedad ambiental.

Responsabilidad Integral del Diseño y Mecánica de Suelos.

- **Responsabilidad del Participante:** El diseño ejecutivo completo de la estructura es responsabilidad absoluta e irrenunciable del Participante, quien debe asegurar la estabilidad y funcionalidad de la obra.

- **Estudio de Mecánica de Suelos:** Es estrictamente obligatorio que el diseño estructural parta de un estudio de mecánica de suelos y laboratorio realizado específicamente en el sitio de desplante. Este estudio definirá el tipo de cimentación, niveles freáticos y capacidad portante para evitar asentamientos diferenciales o fallas por volteo.

- **Criterios Estructurales:** El diseño debe considerar las acciones permanentes (peso propio), variables (equipos en operación) y accidentales (sismo y viento) conforme a las normas ACI-318, ACI-350 y el Manual de Obras Civiles de la CFE.

Consideraciones de Calidad en la Construcción.

- **Laboratorio Acreditado:** Todos los ensayos de calidad (resistencia del concreto, compactación de suelos y pruebas de materiales) deben realizarse a través de un laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

- **Dossier de Calidad:** El contratista debe entregar un expediente final que incluya la **ingeniería "As-Built"**, certificaciones de origen de todos los materiales (NMX y NOM) y los registros de pruebas de funcionamiento de los equipos.

- **Hermeticidad y Durabilidad:** Se exigirá un recubrimiento libre de concreto sobre el acero de refuerzo de **5 a 7 cm** para evitar la corrosión y expansión del acero (spalling). La estructura deberá pasar una prueba hidrostática de 72 horas con agua limpia antes de iniciar operaciones.

Seguridad Laboral y Salud en el Trabajo.

- **Norma Rectora:** El Participante debe cumplir estrictamente con la NOM-031-STPS-2011 (Construcción) y asignar personal especializado (Seguristas) permanentemente en el sitio.

- **Capacitación Certificada:** Todo el personal operativo y de construcción debe contar con constancias de habilidades vigentes (Formato DC-3) y capacitación avalada por la STPS (**Formato DC-5**).

- **Protección y Bienestar:** La estructura debe contar con barandales de seguridad, escaleras con cinta antideslizante, señalización de colores según la NOM-026-STPS y áreas higiénicas para consumo de alimentos.

Ecología y Sustentabilidad en la Construcción.

- **Cumplimiento Normativo:** El proyecto debe contar con la resolución de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) antes del inicio de las obras.

- **Gestión de Aguas de Lavado:** Para prevenir la infiltración al acuífero, el 100% del agua de lavado de las áreas de cribado y desarenado debe ser captada y retornada al inicio del proceso de tratamiento.

- **Control de Residuos:** Se deben implementar medidas para evitar la dispersión de materiales ligeros y basura captada por las cribas, utilizando contenedores tapados y zonas de maniobra impermeabilizadas.

- **Protección Ambiental:** Durante el desmonte y preparación del sitio, se deben tomar precauciones para no provocar incendios y transportar adecuadamente la basura resultante a sitios autorizados por la autoridad.

EQUIPOS CRIBAS FINAS (REMOSION DE SOLIDOS) PTAR FIM.

Para la conformación de los Términos de Referencia relativos al Suministro e Instalación de Cribas Finas en la PTAR FIM, se establece el siguiente texto técnico y normativo, integrando los criterios de ingeniería, redundancia y automatización.

Descripción Técnica y Función.

El sistema de cribado fino consistirá en dispositivos mecanizados de alta eficiencia con aberturas de tamaño uniforme (milimétricas) diseñados para retener residuos de tamaño pequeño, fibras y sólidos en suspensión que no fueron captados en el pretratamiento preliminar. Su función es proteger la integridad de los equipos electromecánicos de las etapas subsecuentes (Bio-P, aireación y filtración avanzada) e incrementar la eficiencia del proceso biológico al remover materiales indeseables del afluente.

Apertura de la luz del Tamiz.

La apertura de luz del tamiz para la criba fina se define bajo los siguientes criterios:

- **Rango Típico:** El tamaño de abertura característico para las rejillas finas oscila entre 0.2 y 6 milímetros.

- **Uso en Pretratamiento Moderno:** Actualmente, se recomienda el uso de aberturas menores a 2.3 mm cuando se emplean en el pretratamiento o tratamiento primario para incrementar la eficiencia de remoción de sólidos.

- **Especificación por Equipo (Tambor Rotatorio):** Para los sistemas de tambor rotatorio (como los contemplados en los términos de referencia previos), el diseño puede considerar aberturas de 0.25 mm para sustituir o complementar la sedimentación primaria.

- **Categoría de "Muy Finas":** Si se busca reducir sólidos en suspensión a niveles de tratamiento primario avanzado, se utilizan aberturas de 0.2 a 1.5 mm.

En resumen, para cumplir con el objetivo de proteger los procesos biológicos (Bio-P y lodos activados) y la filtración terciaria de la PTAR FIM, el tamiz deberá contar con una apertura dentro del rango de 0.2 a 2.3 mm, dependiendo de la selección final del equipo mecanizado por parte del participante.

Capacidad y Configuración de Redundancia (Esquema N+1).

- **Capacidad de Diseño:** El conjunto de cribado debe ser capaz de tratar un flujo nominal de hasta **200 l.p.s** asegurando que no existan desbordamientos o cortocircuitos hidráulicos durante la operación.

- **Equipos de Respaldo:** Para garantizar la continuidad del servicio y permitir maniobras de mantenimiento preventivo o correctivo sin detener el proceso, se instalarán equipos bajo un esquema de redundancia N+1 (Operación + Standby). Esto asegura que, ante cualquier contingencia, exista siempre una unidad de reserva disponible dentro del tiempo requerido para tal aplicación.

Respaldo Energético y Continuidad Operativa.

El sistema de cribas finas se considera una carga prioritaria dentro del proceso de saneamiento. Por lo tanto:

- **Alimentación Dual:** Los equipos deberán estar integrados a la infraestructura eléctrica de la planta, permitiendo su operación tanto con la energía proveniente de la red interna como con el respaldo de la planta de emergencia diésel en caso de falla en el suministro normal.

- **Transferencia Automática:** Se contará con un sistema de transferencia con enclavamiento mecánico que prevenga la interconexión accidental de ambas fuentes y garantice la alimentación ininterrumpida a los motores de las cribas.

Automatización, Monitoreo y Control.

La operación del cribado fino estará totalmente integrada al Sistema de Automatización y Control de la PTAR FIM, siguiendo una arquitectura de inteligencia distribuida:

- **Modos de Operación:** Cada equipo contará con un selector de modo Local/Remoto.

- **Modo Local:** Permite la manipulación directa desde la Consola de Control Local (CCL) o botoneras al pie del equipo para pruebas y mantenimiento.

- **Modo Remoto:** Habilita el telecontrol total desde el cuarto de operaciones de la PTAR FIM a través del servidor SCADA.

- **Control del Operador:** El operador tendrá la facultad de prender y apagar los equipos de forma remota, así como ajustar parámetros operativos desde la estación maestra de trabajo.

Interfaz Hombre-Máquina (HMI) y Señalización.

El sistema SCADA presentará una representación mímica (imagen gráfica) de las cribas finas en pantalla, mostrando el estado de funcionamiento de los motores mediante el siguiente código de colores y señales:

- **Color Rojo:** Indica que el motor o equipo se encuentra apagado o fuera de servicio.

- **Color Verde:** Indica que el motor se encuentra en funcionamiento normal (energizado).

- **Color Amarillo y Alarma Sonora:** Indica una condición de falla o anomalía en el sistema (ej. sobrecarga o bloqueo). La alarma sonora deberá alertar al personal en tiempo real, permitiendo su silenciamiento manual una vez confirmada la emergencia, mientras que la señal visual permanecerá activa hasta que se restablezca la condición normal.

Calidad y Certificación.

Todos los instrumentos de medición, módulos de control (MCAD) y motores deberán ser de reciente manufactura y contar con certificación de calidad aprobada (NOM/NMX). Los registros de eventos, fallas y datos históricos de operación deberán almacenarse en una memoria no volátil para su posterior análisis y auditoría.

Configuración de Extracción Forzada.

Para asegurar la correcta gestión de gases y el control de olores en el área de pretratamiento de la PTAR FIM, se establece que el sistema de cribas finas deberá contar con la adecuación necesaria para integrarse a un sistema de extracción forzada, siguiendo los lineamientos técnicos y de seguridad industria. La zona donde se ubiquen las cribas finas deberá contar con una infraestructura de captación de aire diseñada para remover continuamente los gases acumulados (principalmente ácido sulfhídrico):

- **Equipamiento:** Se utilizarán ventiladores centrífugos de alta eficiencia para generar el vacío necesario en los puntos de captación.

- **Ductерías:** Los conductos de aire y sus soportes deben estar fabricados con materiales con alta resistencia a la corrosión química y ambiental, dada la naturaleza ionizada de los gases en esta etapa.

Tratamiento mediante Biofiltración.

El aire succionado de las cribas finas no será liberado directamente a la atmósfera, sino que será conducido a un sistema de tratamiento biológico:

- **Proceso:** Se empleará un biofiltro de lecho orgánico compuesto por una mezcla de estiércol de vaca y aserrín húmedo.

- **Efectividad:** Este sistema es el más eficiente para eliminar los olores y proteger los componentes electrónicos y motores del área contra la degradación por sulfatos.

- **Automatización:** El suministro de aire y el control de humedad en el biofiltro deberán estar integrados al sistema de control de la planta para operar de manera autónoma.

Concepto de "Sistema de Sacrificio".

Siguiendo la filosofía de mantenimiento del proyecto, el sistema de extracción se diseñará bajo el concepto de sistema de sacrificio:

- **Propósito:** Los componentes menores, como ductos, rejillas de ventilación y elementos de sujeción, se dimensionarán para recibir el impacto directo de la corrosión.

- **Protección de Activos:** Esta estrategia garantiza la protección de los activos de alto costo (como los motores de las cribas y el Centro de Control de Motores), ya que es significativamente más económico reemplazar tramos de ducterías o sustrato del biofiltro que reparar la maquinaria principal colapsada por corrosión.

Seguridad y Salud Ocupacional.

La instalación del sistema de extracción forzada es obligatoria para garantizar un ambiente de trabajo seguro:

- **Protección del Personal:** Evita la acumulación de gases pesados que son peligrosos para la salud y previene la formación de atmósferas explosivas en áreas cerradas o semicerradas.

- **Mantenimiento:** El participante deberá incluir en su propuesta técnica el programa de **reemplazo periódico de las piezas de sacrificio** para asegurar que la extracción nunca pierda su eficiencia operativa.

SISTEMA DE DESARENADOR PARA LA PTAR FIM.

Para la conformación de los Términos de Referencia relativos al Desarenador de la PTAR FIM, se presenta a continuación el texto técnico que integra la descripción estructural y el funcionamiento operativo, basado en los manuales de diseño y las especificaciones del proyecto:

Descripción General y Objetivo.

El sistema de desarenado se localiza inmediatamente después del cribado fino y constituye una operación unitaria indispensable para la protección de la planta. Su objetivo primordial es la eliminación selectiva de partículas inorgánicas pesadas (arena, grava, cenizas y sólidos inertes de tamaño superior a 200 micras) mediante la manipulación de la velocidad del flujo. Esta etapa es crítica para evitar el desgaste por abrasión en los impulsores de las bombas, aireadores y equipos mecánicos, así como para prevenir la formación de depósitos indeseables en tuberías y reactores biológicos.

Estructura y Obra Civil.

La estructura del desarenador deberá cumplir con los siguientes requerimientos constructivos:

- **Material:** Construcción integral en concreto reforzado de alta resistencia, diseñado para soportar empujes hidrostáticos y el ataque químico del entorno. Se debe utilizar cemento resistente a los sulfatos para garantizar una vida útil prolongada.

- **Geometría:** El diseño consistirá en **dos canales de desarenados paralelos** (esquema de operación y respaldo/limpieza). Cada canal contará con tres depósitos o conos de arenas en el fondo para la captación de los sedimentos. Opcional el número de conos según el diseño del participante según su cálculo para el diseño.

- **Acabados y Seguridad:** La estructura contará con escaleras, pasamanos de seguridad y pasillos de rejilla metálica con recubrimiento galvanizado en caliente. Todos los accesorios de sujeción y Soportería aérea de tuberías serán de acero inoxidable.

- **Protección Ambiental:** El área contará con una cubierta para protección contra la intemperie y se integrará al sistema de extracción forzada y biofiltración para el control de olores y gases corrosivos.

Descripción del Funcionamiento (Canal Aireado).

El desarenador operará bajo el principio de flujo helicoidal inducido por aire, siguiendo esta secuencia operativa:

- **Ingreso y Distribución:** El agua residual ingresa por gravedad a los canales. El flujo es regulado mediante compuertas deslizantes que permiten seleccionar el canal en operación.

- **Inducción de Flujo en Espiral:** Se inyecta aire de forma lateral a través de difusores (ubicados a una altura de entre 0.6 y 0.9 m del fondo) para provocar un patrón de velocidad en espiral perpendicular al flujo principal.

- **Sedimentación Diferencial:** La velocidad de rotación se ajusta para que las partículas más pesadas (arena) caigan al fondo y se concentren en los colectores, mientras que las partículas orgánicas más ligeras se mantienen en suspensión para ser arrastradas hacia el tratamiento secundario.

- **Extracción mediante Airlift:** De forma intermitente, los equipos de extracción tipo airlift (bomba de aire) elevan la suspensión de agua y arena desde los conos del fondo hasta la parte superior de la estructura.

- **Clasificación y Lavado:** La mezcla agua-arena se conduce al Clasificador/Lavador de Arenas. En esta unidad, las arenas sedimentan en una cámara y son extraídas por un mecanismo de tornillo sinfín, el cual las lava para reducir el contenido orgánico y las deposita en un contenedor industrial para su disposición final. El agua excedente retorna al inicio del proceso.

Instrumentación y Control.

La operación del desarenador estará totalmente automatizada e integrada al sistema SCADA:

- **Control de Aire:** El suministro de aire será proporcionado por sopladores exclusivos, gestionados mediante válvulas solenoides para el bloqueo y suministro según la demanda operativa.

- **Monitoreo en Tiempo Real:** El estado de las válvulas solenoides y del clasificador se mostrará gráficamente en el panel de control: Verde (en operación), Rojo (apagado) y Amarillo/Alarma sonora (falla o sobrecarga) apegado a las normas NOM-001-SEDE-2012: Instalaciones Eléctricas (Utilización), NMX-J-136-ANCE: Abreviaturas y símbolos para diagramas, planos y equipos eléctricos y NEMA ICS-19: Estándares de simbología y control industrial.

Sistema de Monitoreo de Calidad (Muestreador Automático).

Para asegurar la caracterización continua del afluente crudo, la tubería de llegada contará con un arreglo técnico para la conexión de un muestreador automático de agua residual.

- **Capacidad y Conservación:** El equipo debe ser capaz de tomar muestras puntuales (por ejemplo, en periodos de 4 horas) y contar con un sistema de refrigeración integrado para mantener la integridad de las muestras según los rangos de temperatura exigidos por la normativa.

- **Cumplimiento Normativo:** Los procedimientos de toma de muestra y análisis deben apegarse rigurosamente a la NMX-AA-003 y a la NOM-002-SEMARNAT-1996.

SISTEMA DE BIO-P PARA LA PTAR FIM.

Descripción y Objetivo del Proceso.

El Reactor Bio-P constituye la etapa de tratamiento biológico avanzado donde se busca la remoción selectiva de fósforo y nitrógeno mediante la manipulación de ambientes bioquímicos (anaerobio, anóxico y aerobio). El objetivo es "estresar" selectivamente a los Organismos Acumuladores de Fósforo (PAO) para que liberen fósforo en la fase anaerobia y lo absorban masivamente en la fase aerobia posterior, eliminándolo finalmente del sistema a través de la purga de lodos.

Configuración Estructural y Mecánica.

El Participante deberá proyectar una estructura de concreto reforzado de alta resistencia, diseñada para una vida útil de al menos 50 años y con recubrimientos resistentes al ataque químico. La configuración operativa seguirá los siguientes lineamientos:

- **Configuración de Flujo Pistón:** El reactor se dividirá en tres (3) secciones o compartimentos comunicados en serie. Esta disposición es obligatoria para garantizar un régimen de flujo pistón, eliminando cortocircuitos hidráulicos y asegurando que el 100% del licor mezcla cumpla con los tiempos de contacto requeridos.

- **Agitación Técnica Especializada:** Cada compartimento contará con agitadores hiperboloides. Estos equipos son indispensables para mantener los sólidos en suspensión mediante una mezcla perfecta, pero de baja cizalladura, evitando la introducción de oxígeno disuelto que arruinaría las condiciones anaerobias/anóxicas.

Descripción de los Procesos por Compartimento.

Compartimento 1: Zona Anaerobia (Mezcla de Licor).

- **Corrientes de Entrada:** Recibe el agua residual pretratada proveniente del sistema de desarenado y la recirculación de lodos activados del sedimentador secundario.

- **Fenómeno Bioquímico:** En ausencia total de oxígeno y nitratos, las bacterias PAO asimilan la materia orgánica soluble y liberan ortofosfatos al licor mezcla, almacenando energía en forma de polihidroxibutirato (PHB).

- **Requerimiento:** No debe existir ingreso de oxígeno disuelto (>0.2 mg/L) ni nitratos para no inhibir el metabolismo de las PAO.

Compartimento 2: Zona de Transición / Anóxica.

- **Corrientes de Entrada:** Recibe la recirculación interna rica en nitratos proveniente de la etapa aerobia final.

- **Fenómeno Bioquímico:** En esta zona ocurre la desnitrificación, donde bacterias heterótrofas utilizan el nitrato como aceptor de electrones para oxidar la materia orgánica restante, transformando los nitratos en gas nitrógeno.

- **Función:** Actúa como un filtro de nitratos para proteger la eficiencia de la zona anaerobia en el siguiente ciclo de recirculación.

Compartimento 3: Zona de Amortiguamiento y Control.

- **Función Operativa:** Actúa como una zona de homogeneización final y amortiguador hidráulico. Su diseño permite al operador ajustar dinámicamente el tiempo de residencia antes de enviar el licor mezcla al reactor de lodos activados (aerobio).

- **Garantía:** Asegura que la biomasa entre al reactor aerobio con una concentración de sustrato y microorganismos totalmente uniforme.

Tiempos de Retención Hidráulica (TRH).

El diseño deberá cumplir con los siguientes parámetros de residencia para asegurar la estabilidad biológica:

- **TRH en Zona Anaerobia:** El tiempo de contacto se establece típicamente entre 1 y 2 horas. Tiempos menores a 0.5 h son insuficientes para la liberación de P, mientras que tiempos superiores a 2 h pueden causar liberaciones secundarias no recuperables.

- **TRH en Zona Anóxica:** Se proyectará entre 1 y 3 horas, dependiendo de la carga de nitratos a remover.

- **Recirculación Interna:** El sistema de bombeo debe ser capaz de manejar tasas de recirculación de entre el 100% y el 400% del gasto de diseño para maximizar la desnitrificación.

Responsabilidad del Participante.

El diseño aquí descrito representa la base técnica mínima requerida por la PTAR FIM. Es responsabilidad absoluta del Participante:

- Adecuar las dimensiones y capacidades de los equipos a su tecnología específica y experiencia técnica.

- Garantizar, mediante memorias de cálculo avaladas, que su propuesta alcanzará los niveles de remoción de fósforo exigidos por la calidad de agua mínima requerida expuesta en la calidad de agua producto expuesta en el apartado de ingeniería básica.

- Es importante que el participante haga una evaluación técnica y detallada en su diseño ya que si su diseño en el reactor Bio-p es ineficiente este deberá ser compensado por el uso de químicos incrementando su gasto de operación y disminuyendo su margen de utilidad en el periodo de operación.

Diseño y Estructura de Obra Civil.

La estructura del reactor Bio-P deberá ser proyectada y construida íntegramente en concreto reforzado de alta resistencia. El diseño debe garantizar la estanqueidad total para evitar filtraciones al subsuelo, lo cual es considerado un aspecto crítico de cumplimiento ambiental. Se deberá utilizar cemento tipo RS (Resistente a los Sulfatos) para proteger la integridad estructural contra el ataque químico de los gases y compuestos del agua residual.

- **Responsabilidad del Diseño:** El desarrollo de la ingeniería de detalle, las memorias de cálculo estructural firmadas por especialistas y la elaboración de los planos finales "As-Built" son responsabilidad absoluta y exclusiva del Participante.

- **Mecánica de Suelos:** El Participante es el responsable único de realizar el levantamiento topográfico definitivo y la ingeniería de mecánica de suelos en el sitio específico de desplante. No se permitirá el inicio de ninguna fase de construcción sin

contar con el estudio de laboratorio que defina los perfiles estratigráficos y la capacidad portante del terreno, asegurando que la estructura soporte adecuadamente los empujes hidrostáticos y las cargas de los equipos.

Protección contra la Corrosión y Materiales Especializados.

Para asegurar una vida útil de 20 años en un ambiente altamente corrosivo, se establecen los siguientes estándares:

- **Recubrimiento Galvanizado:** Todos los barandales, escaleras de acceso y rejillas de piso deben ser fabricados en acero con un acabado de galvanizado por inmersión en caliente, cumpliendo con los estándares de la norma ISO 12944 para prevenir la corrosión atmosférica.

- **Acero Inoxidable:** Todos los accesorios de sujeción, incluyendo tornillería, espárragos, anclajes, tuercas y arandelas, deberán ser fabricados estrictamente en acero inoxidable grado 316 para garantizar la integridad mecánica ante la humedad y los gases ionizados.

Infraestructura de Energía Eléctrica e Iluminación.

El diseño eléctrico para el Reactor Bio-P debe contemplar los puntos de conexión provenientes del CCM general de la planta, suministrando los siguientes niveles de tensión:

- **440 V (480 V):** Para los motores de fuerza de los agitadores hiperboloides y equipos principales.

- **220 V:** Para equipos auxiliares, herramientas de mantenimiento y sistemas de aire acondicionado en áreas técnicas.

- **110 V (127 V):** Para instrumentación, sistemas de control local y alumbrado.

- **Iluminación de Seguridad:** El diseño debe garantizar una iluminación técnica correcta en todas las áreas de proceso y tránsito, asegurando la vigilancia y seguridad de la operación nocturna conforme a la NOM-025-STPS.

Suministro Dual de Energía Eléctrica.

Para garantizar la continuidad del proceso biológico y evitar la sedimentación de lodos en los compartimentos del reactor Bio-P, el sistema de fuerza de los agitadores hiperboloides deberá contar obligatoriamente con un suministro dual de energía.

- **Conexión a Red Interna y Emergencia:** Los puntos de conexión provenientes del CCM deberán estar interconectados tanto a la red de suministro normal Interna como al sistema de generación de energía de emergencia de la PTAR FIM.

- **Transferencia Automática:** El sistema deberá integrar un tablero de transferencia con enclavamiento mecánico y eléctrico que detecte automáticamente fallas en la red normal y conmute a la fuente de reserva sin intervención manual, asegurando que los agitadores retomen su operación de inmediato para mantener las condiciones de mezcla.

Sistema de Control, Monitoreo y Supervisión de la Operación.

Los motores de los agitadores hiperboloides no operarán como unidades aisladas, sino que deberán estar plenamente integrados a la arquitectura de inteligencia de la planta:

- **Control Centralizado:** Cada agitador deberá ser controlado y monitoreado en tiempo real desde el sistema de control general (SCADA) de la PTAR FIM.

- **Niveles de Operación:**
  - **Operación Remota (Nivel 1):** Permitirá el arranque, paro y ajuste de parámetros desde el centro de inteligencia central de la PTAR.

  - **Operación Local (Nivel 2):** Se deberá proveer una estación de botones o consola de control local a pie de equipo para maniobras de mantenimiento, con un selector local/remoto que envíe la señal de estado al sistema central.

- **Variables de Monitoreo:** El sistema de control deberá registrar y reportar permanentemente el estado de operación, consumo de corriente (Amperaje), alarmas por sobrecarga o falla térmica, y horas de funcionamiento (horómetro digital) de cada motor.

Infraestructura Eléctrica en el CCM.

- **Protección y Derivación:** El Centro de Control de Motores (CCM) derivará la tensión de 440 V / 480 V para los motores de fuerza de los agitadores, utilizando conductores de cobre con aislamiento tipo THWN para ambientes húmedos y corrosivos.

- **Seguridad y Mantenimiento:** Se utilizarán unidades removibles (silletas) con obturadores automáticos en el CCM para permitir el mantenimiento preventivo de los arrancadores de los agitadores sin interrumpir el suministro de energía al resto del reactor

REACTORES BIOLOGICOS DE LODOS ACTIVADOS PARA LA PTAR FIM.

Definición y Contexto del Proceso. El reactor biológico es la unidad fundamental del sistema de lodos activados donde el agua residual se mezcla con una biomasa activa de microorganismos en un ambiente controlado. Su función principal es servir como recinto para la degradación bioquímica de la materia orgánica, permitiendo que los microorganismos (flóculos biológicos) metabolicen los contaminantes utilizando oxígeno suministrado artificialmente. El diseño debe garantizar el contacto íntimo entre el sustrato (agua residual) y la población bacteriana para su estabilización

- **Materiales de Construcción** El Participante tendrá la opción de proponer la construcción de los reactores bajo dos modalidades, asegurando en ambos casos la estanqueidad total:

- **Reactores en Tierra:** Construidos mediante excavación y elevación de taludes, los cuales deben ser acondicionados mecánicamente e impermeabilizados obligatoriamente con geomembrana de polietileno de alta densidad (PEAD). Se debe incluir un sistema de drenaje (geocompuesto) para detectar roturas y evacuar gases entre el terreno y la membrana.

- **Concreto Reforzado:** Estructuras diseñadas para resistir las enormes presiones hidrostáticas y ataques químicos, utilizando muros con doble armado de acero y acabados que eviten la acumulación de suciedad.

- **Configuración Hidráulica y Carga.**
  - **Repartición de Carga y Redundancia:** Se deberán considerar obligatoriamente dos reactores para la distribución de la carga orgánica e hidráulica. El diseño debe permitir la flexibilidad operativa necesaria para que, en situaciones de emergencia o mantenimiento, la planta pueda operar con un solo reactor sin interrumpir el proceso de tratamiento.

  - **Régimen de Flujo:** El reactor debe estar dividido internamente en varios compartimentos comunicados en serie. Esta configuración busca establecer un régimen de flujo pistón (plug flow) que minimice los cortos circuitos hidráulicos y asegure que el agua reciba el tiempo de retención necesario en contacto con la biomasa.

- **Sistema de Aireación y Mezclado.**
  - **Distribución Estratégica de Aire:** La colocación de los difusores de burbuja fina debe ser estratégica, concentrando una mayor densidad de aireación en la primera sección o compartimento, que es donde ocurre la mayor actividad metabólica y demanda de oxígeno.

  - **Control por Recámara:** La tubería de distribución de aire debe estar seccionada mediante válvulas de control en el ramal final de cada recámara, permitiendo ajustar el flujo de aire de forma independiente según el perfil de consumo detectado

  - **Eliminación de Áreas Muertas:** Se debe integrar un mecanismo para evitar la acumulación y sedimentación de lodo en puntos críticos como esquinas o zonas de estanqueidad detectadas en el análisis de corrientes. Este sistema podrá consistir en inyección de aire dirigida o el uso de mezcladores mecánicos sumergibles (ej. tipo hiperboloide) de alta eficiencia. En caso de optar por un mezclador mecánico sumergible, su selección deberá garantizar que la intensidad de agitación no sea excesiva, evitando así la ruptura o daño de los microorganismos presentes en el reactor.

  - **Instrumentación y Control en Tiempo Real.** Cada compartimento o recámara del reactor deberá contar, en su parte central, con un sensor de oxígeno disuelto (OD). Estos sensores deben transmitir datos en tiempo real al sistema de control central (SCADA) de la PTAR para la regulación automática de los sopladores y optimización del consumo energético.

- **Infraestructura de Mantenimiento, Seguridad e Higiene.**
  - **Iluminación:** Se instalarán luminarias LED de alta eficiencia para garantizar la seguridad del personal durante maniobras nocturnas.

  - **Energía Eléctrica:** Se deben ubicar contactos de energía de 110/220V en puntos estratégicos cercanos a los reactores para el uso de equipos de mantenimiento.

  - **Servicio de Lavado:** Se instalarán líneas de agua a presión con tomas rápidas y mangueras con longitud suficiente para alcanzar todos los puntos de los pasillos, facilitando la limpieza de natas y derrames.

  - **Protección Perimetral:** Todos los pasillos y escaleras contarán con pasamanos de protección. Estos serán metálicos con recubrimiento de galvanizado en caliente,

utilizando accesorios de sujeción (tornillería y anclajes) fabricados exclusivamente en acero inoxidable para resistir la corrosión atmosférica.

- **Parámetros de Diseño Biocinético.** El Participante deberá presentar la memoria de cálculo que justifique las dimensiones de los reactores basándose en los siguientes parámetros.

- **Tiempo de Retención Celular Medio (TRMC):** Se debe diseñar para permitir el crecimiento de bacterias nitrificantes si se requiere remoción de nitrógeno.

- **Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles en el Licor Mezcla (SSVLM):** Rango operativo recomendado entre 2,000 y 4,000 mg/L.

- **Relación Alimento/Microorganismo (A/M):** Ajustada según la modalidad del proceso (aireación convencional o extendida.

- **Oxígeno Disuelto (OD):** El sistema de aireación debe ser capaz de mantener una concentración constante de 2.0 ± 0.5 mg/L en el reactor, evitando niveles inferiores a 0.5 mg/L que afecten la tasa de degradación.

- **Bombeo de Recirculación:** Se dimensionarán bombas de lodo (RAS) y bombas de recirculación interna (IR) para el manejo de nitratos, según el modelo de flujo seleccionado.

- **Protocolos de Pruebas y Puesta en Marcha.**
  - **Llenado e Inoculación:** El reactor deberá inocularse con lodo de recirculación proveniente de una PTAR en operación para alcanzar la concentración de SSVLM de diseño en el menor tiempo posible.

  - **Pruebas de Hermeticidad:** Se realizarán ensayos de estanqueidad en las estructuras de concreto de los reactores antes del montaje de equipos mecánicos.

- **Estructura de Salida y Control de Interconexión.** Al final de los reactores biológicos, el Participante deberá construir una estructura de salida y reparto diseñada para dirigir el licor mezcla hacia los clarificadores secundarios. Esta estructura debe cumplir con los siguientes requisitos técnicos:

- **Interconexión y Redundancia:** Las dos estructuras de los reactores biológicos deben estar interconectadas físicamente para permitir la transferencia de flujos y asegurar la continuidad operativa.

- **Control de Flujo:** Se deben instalar válvulas de compuerta para el seccionamiento y aislamiento. Estas válvulas se ubicarán estratégicamente para controlar el flujo entre las dos estructuras de los reactores, así como para regular la salida individual de cada reactor hacia los clarificadores. El diseño debe garantizar que estas válvulas operen únicamente en posición totalmente abierta o cerrada para evitar la erosión del sello por turbulencia.

- **Puntos de Dosificación:** En la estructura de salida se habilitarán puntos de aplicación específicos para la dosificación de polímero y coadyuvantes químicos como sulfato de aluminio o sulfato férrico. Estos reactivos se utilizarán para mejorar la formación de flóculos y optimizar la sedimentabilidad de la biomasa antes del ingreso al clarificador.

- **Edificio de Dosificación y Almacenamiento de Químicos.** El sistema de dosificación operará desde un edificio dedicado, diseñado bajo criterios de seguridad industrial y eficiencia operativa.

- **Equipamiento de Bombeo:** Se instalarán bombas de diafragma de desplazamiento positivo para la dosificación precisa de los reactivos químicos, las cuales deben ser resistentes a la corrosión

- **Preparación de Polímero:** El edificio contará con un equipo completo para la preparación de polímero, incluyendo tanques de mezcla, sistemas de agitación y tanques de maduración (stock) para garantizar la correcta activación del reactivo.

- **Almacenamiento de Reactivos.**

  - **Polímero Seco:** Se designará un área específica, techada y libre de humedad para el correcto almacenamiento de los sacos de polímero (normalmente de 20-25 kg).

  - **Químicos Líquidos:** Se instalarán recipientes de almacenamiento con capacidad suficiente para recibir el volumen completo de una pipa (camión cisterna). Estos tanques deberán contar con venteo, indicadores de nivel y estar conectados directamente a la succión de las bombas dosificadoras. El área de instalación de los recipientes deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- ✓ Estar construida sobre una plancha de concreto reforzado, diseñada para soportar el peso combinado de los recipientes y el volumen total de los químicos almacenados.
- ✓ Incorporar un dique de contención para el control de posibles derrames.
- ✓ Contar con un sistema de tuberías con conexiones rápidas, que permita el transvase seguro de los químicos desde las pipas hacia los tanques de almacenamiento.
- ✓ Disponer de un acceso carretero resistente para tráfico pesado, que garantice la entrada y maniobra del tractocamión con la pipa.
- ✓ Contar con tomas de agua a presión con conexiones rápidas, así como mangueras con acoples rápidos que aseguren la cobertura de todos los puntos del área de almacenamiento.
- ✓ Incorporar un sistema de captación y desalojo del agua proveniente del lavado, que garantice la disposición adecuada de los efluentes generados durante las operaciones de limpieza.
- ✓ Disponer de la iluminación adecuada para trabajos nocturnos, asegurando condiciones seguras de operación en todo momento.
- ✓ Contar con contactos eléctricos de 110/220 V estratégicamente ubicados para la conexión de equipos de mantenimiento.
- ✓ Instalar la señalética de protección y seguridad conforme a la normativa aplicable.
- ✓ Incorporar un lavaojos de emergencia, accesible y operativo en caso de incidentes con sustancias químicas.

- **Infraestructura de Seguridad y Mantenimiento:**

- **Ventilación e Iluminación:** El edificio contará con ventilación adecuada para evitar la acumulación de vapores y una iluminación óptima de entre 300 y 500 lux en áreas de trabajo.

- **Higiene y Emergencia:** Es obligatoria la instalación de estaciones lavaojos y señalética de seguridad conforme a la normativa vigente. Se dispondrá de extintores Tipo C para riesgos eléctricos.

- **Servicio de Lavado:** Se instalarán líneas de agua a presión (mínimo 700 kPa) con tomas rápidas para la limpieza de derrames. El edificio debe contar con un sistema de recolección de agua de lavado mediante pendientes y canaletas dirigidas al inicio del proceso de la PTAR para su tratamiento.

- **Instalación Eléctrica:** Se distribuirán contactos de energía de 110/220V protegidos contra humedad para el uso de equipos de mantenimiento.

SISTEMA DE SOPLADORES DE AIRE.

- **Suministro y Capacidad de Sopladores.** El Participante deberá suministrar e instalar el número de sopladores necesarios para cubrir la demanda de aire total en los reactores biológicos de lodos activados. El diseño debe garantizar el suministro de oxígeno para la degradación de la materia orgánica y el mantenimiento de la biomasa en suspensión en todas las etapas de carga.

  - **Redundancia y Respaldo:** Se deberán suministrar sopladores de respaldo (Standby) con la misma capacidad de las unidades de diseño. Este sistema busca asegurar la continuidad del proceso biológico durante emergencias o periodos de mantenimiento programado.

  - **Suministro Dual de Energía:** Los sopladores de respaldo deberán contar con un sistema de alimentación dual. Deben estar conectados tanto a la red eléctrica interna como al sistema de energía de emergencia (planta de emergencia diésel), mediante un tablero de transferencia automática con enclavamiento mecánico para asegurar su operación ininterrumpida ante fallas de la red comercial.

- **Automatización y Monitoreo.** El sistema de generación de aire estará completamente integrado al sistema de automatización central de la PTAR:

  - **Control de Válvulas:** Las válvulas de control de aire en los ramales hacia los reactores deberán ser operadas y controladas de forma automática desde el PLC/SCADA de la planta, permitiendo ajustes dinámicos de flujo según la demanda biológica.

  - **Monitoreo en Tiempo Real:** El sistema de automatización deberá monitorear permanentemente el estado de funcionamiento de los sopladores (amperaje, horas de operación, temperatura, presión de descarga y vibración), enviando señales de alarma visuales y sonoras en caso de desviación de los parámetros operativos.

- **Edificio de Sopladores y Accesibilidad.** Los sopladores deberán alojarse en un edificio industrial diseñado bajo criterios de seguridad y funcionalidad:

- **Acceso para Maniobras:** El edificio contará con un portón industrial deslizable hacia arriba (tipo cortina o seccional) con un claro de apertura suficiente para el ingreso y egreso de los equipos completos durante su instalación o sustitución.

- **Acceso Vehicular Pesado:** Se debe construir una rampa y un acceso carretero con estructura de pavimento diseñada para soportar el peso de tractocamiones cargados que transporten maquinaria o suministros.

- **Acabados de Pisos:** Los pisos serán de concreto reforzado con acabado liso, recubiertos con pintura epóxica de altos sólidos. Se deberá aplicar la señalética de seguridad conforme a la NOM-026-STPS, utilizando colores normalizados para delimitar claramente las bases de maquinaria, las áreas de operación y los pasillos de tránsito de personal.

- **Infraestructura Eléctrica e Iluminación.**

  - **Iluminación Técnica:** El edificio contará con iluminación óptima garantizando niveles de 300 lux en áreas generales y hasta 500 lux en zonas de tableros o monitoreo, utilizando luminarias LED de alta eficiencia.

  - **Servicios de Mantenimiento:** Se deben distribuir estratégicamente contactos de energía eléctrica de **110/220V** para la conexión de herramientas y equipos de diagnóstico durante las rutinas de mantenimiento.

- **Sistema de Izaje y Manipulación.** Para facilitar las labores de mantenimiento mayor y montaje, el edificio debe contar con una estructura tipo grúa viajera puente.

  - **Capacidad y Diseño:** La grúa debe ser seleccionada para elevar y transportar los sopladores y motores hacia el área de maniobras o directamente sobre la plataforma de un vehículo.

  - **Especificaciones de Instalación:** Los rieles de la grúa deberán estar alineados, nivelados y soportados por la estructura del edificio, manteniendo los claros de seguridad mínimos (10 cm hacia obstrucciones superiores y 5 cm laterales) para evitar colisiones durante el movimiento longitudinal o transversal.

- **Seguridad Laboral y Protección Auditiva.** Debido a que los sopladores generan niveles de ruido que pueden superar los 100 decibeles, el Participante deberá cumplir estrictamente con la NOM-011-STPS-2001.

  - **Equipo de Protección:** Se debe suministrar de forma permanente equipo de protección auditiva (conchas acústicas o tapones auditivos de alta atenuación) para todo el personal que ingrese al edificio.

  - **Mitigación de Ruido:** Se privilegiará el uso de sopladores con cabinas acústicas integradas y silenciadores en las líneas de succión y descarga para reducir el impacto sonoro ambiental en el centro de trabajo.

- **Especificaciones Técnicas de los Sopladores de Alta Eficiencia.**

  - **Tecnología:** Los equipos deberán ser del tipo centrífugo de turbina de una sola etapa con engranaje integral (integrally geared centrifugal turbo compressors), diseñados para operar de forma continua en aplicaciones de tratamiento de aguas residuales municipales.

  - **Calidad del Aire:** Se debe garantizar un suministro de aire 100% libre de aceite, asegurando que no existan trazas de lubricante que puedan obstruir los difusores de burbuja fina o afectar la biomasa.

  - **Diseño Mecánico:** Los rodamientos deben ser de alta calidad para garantizar una vida útil prolongada con requerimientos mínimos de mantenimiento. El acoplamiento entre el motor y el soplador debe basarse en un análisis torsional para asegurar la máxima durabilidad.

- **Capacidad de Regulación y Eficiencia.**

  - **Rango de Operación (Turndown):** El equipo debe ser capaz de reducir su flujo (turndown) hasta un 45% de su capacidad nominal (o menos) operando a velocidad constante, manteniendo la eficiencia en todo el rango.

  - **Mecanismos de Control:** La regulación del flujo y la presión debe gestionarse de forma independiente mediante un sistema de doble control que integre:

    - **Álabes de guía de entrada variables** (inlet guide vanes) para el control de prerrotación.

- **Álabes difusores variables** en la descarga, permitiendo un ajuste preciso a las condiciones de demanda biológica y variaciones de temperatura ambiente.

- **Optimización Energética:** El diseño aerodinámico del impulsor debe estar ajustado específicamente a las condiciones de altitud y presión barométrica de Francisco I. Madero para minimizar el consumo de energía eléctrica.

Sistemas Auxiliares e Instrumentación.

- **Lubricación Integral:** Cada unidad debe contar con un sistema de lubricación por aceite montado sobre una base rígida común que incluya el reservorio de aceite, bombas de aceite (mecánica para operación y eléctrica para arranque/paro), filtros de aceite y un sistema de enfriamiento aire/aceite o agua/aceite.

- **Filtración y Mitigación de Ruido:** Se debe incluir un filtro de aire de dos etapas para máxima protección de los difusores sumergidos, integrado con un silenciador de succión que garantice bajos niveles de ruido sin pulsaciones de presión.

- **Monitoreo y Seguridad:** Los equipos contarán con instrumentación para supervisar en tiempo real:

  - Vibración en la caja de engranajes y temperaturas en rodamientos.
  - Estatus de mantenimiento de filtros de aire y aceite.
  - Presión de descarga, temperatura del aire y protección automática contra sobrepresión o fenómeno de "surge".

Automatización y Conectividad.

- **Interfaz de Control:** Cada soplador debe contar con un panel de control local (PLC) con pantalla táctil para la operación manual y automática.

- **Integración al SCADA:** El sistema debe ser capaz de comunicarse con el control maestro de la planta mediante protocolos estándar como Ethernet, MODBUS TCP o PROFIBUS DP.

- **Control por Oxígeno Disuelto:** El software de control debe permitir el ajuste dinámico del soplador basándose en los datos recibidos de los sensores de oxígeno disuelto en los reactores (lazo cerrado inteligente).

CLARIFICADORES SECUNDARIOS (SEDIMENTADORES).

- **Especificaciones de Diseño y Materiales.** El Participante deberá proyectar y construir **dos clarificadores secundarios**, destinando una unidad independiente para cada reactor biológico con el fin de asegurar la continuidad del tren de tratamiento.

  - **Geometría y Material:** Las estructuras serán de sección circular (redondos), construidas en concreto reforzado de alta durabilidad. Se deberá utilizar un concreto con una resistencia mínima de 250 Kg/cm2 y cemento Portland Ordinario (CPO) Resistente a Sulfatos (RS) para garantizar la integridad estructural ante la agresividad química del licor mezcla.

  - **Estanqueidad:** El diseño debe garantizar cero fugas al subsuelo mediante la aplicación de recubrimientos epóxicos de altos sólidos y el uso de cimbras que aseguren acabados de cara aparente lisos para evitar la acumulación de biomasa en los muros.

- **Mecanismo de Remoción de Lodos y Natas.** Cada clarificador estará equipado con un sistema electromecánico de remoción de biomasa:

  - **Sistema de Rastras:** Se instalarán brazos barredores de rotación lenta equipados con rastras diseñadas para colectar y conducir el lodo sedimentado hacia la tolva central de succión de la línea de lodos. La velocidad periférica de la punta de la rastra deberá situarse entre 3 y 7 metros por minuto para evitar la resuspensión de sólidos.

  - **Limpieza de Natas:** El mecanismo incluirá, en su parte superior, un sistema de desnatado (desnatador superficial) que recolectará las espumas y materiales flotantes del espejo de agua, dirigiéndolos hacia una charola o caja de natas para su posterior tratamiento.

- **Canal de Vertido y Control de Algas.** El canal periférico de recolección de agua clarificada deberá contar con una protección física contra la radiación solar:

  - **Tapas de Protección:** Se suministrarán e instalarán múltiples tapas de acero inoxidable sobre el canal de vertido. Estas tapas deben ser diseñadas con un mecanismo de sujeción que permita su fácil remoción por parte de los operadores para labores de limpieza.

- **Función:** El objetivo de estas cubiertas es impedir el contacto directo de los rayos ultravioleta con el agua tratada, inhibiendo así la fotosíntesis y la creación de algas que pudieran obstruir los vertederos o afectar la calidad del efluente.

- **Infraestructura de Seguridad y Operación.**

  - **Obra Mecánica:** Todos los elementos de acceso, incluyendo escaleras, pasillos y plataformas, serán fabricados en acero con recubrimiento de galvanizado en caliente. Todos los accesorios de sujeción, pernos, anclas y tornillería expuesta deberán ser estrictamente de acero inoxidable para resistir la corrosión atmosférica.

  - **Iluminación Nocturna:** El área perimetral y operativa de los clarificadores contará con un sistema de iluminación LED que garantice una operación segura durante el turno nocturno, proporcionando niveles óptimos de visibilidad en pasillos y zonas de mando.

- **Automatización y Respaldo Energético.**

  - **Comunicación en Tiempo Real:** El sistema de remoción y el estado de los motores de los clarificadores deberán estar integrados al sistema de automatización central (SCADA) de la PTAR FIM. Se requiere el monitoreo constante de parámetros operativos y alarmas en tiempo real.

  - **Redundancia Eléctrica:** Al menos un clarificador deberá estar conectado a un sistema de suministro dual. Este operará normalmente con la energía de la red Interna y, ante una falla, se transferirá automáticamente al sistema de generación de energía de emergencia para evitar la salida de sólidos hacia la etapa de desinfección.

SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE LODOS Y PURGA.

- **Origen y Destino del Flujo.** El sistema de recirculación de lodos tiene como objetivo mantener una concentración constante de biomasa (SSVLM) en los reactores biológicos para asegurar la degradación de la materia orgánica.

  - **Punto de Succión:** La línea de recirculación iniciará físicamente en la succión de los **clarificadores secundarios**, recolectando el lodo sedimentado en la tolva central mediante el sistema de rastras.

- **Configuración de Salidas:** Cada bomba de recirculación contará con un cabezal de descarga bifurcado en dos líneas independientes:

  - **Línea de Recirculación:** Dirigida al inicio del reactor Bio-P, donde el lodo se mezclará con el agua residual cruda para formar el licor mezcla y promover la remoción biológica de nutrientes.
  - **Línea de Purga:** Dirigida al estanque de desactivación o espesamiento de lodos, permitiendo evacuar el exceso de biomasa para mantener la edad del lodo de diseño.

- **Especificaciones de los Equipos de Bombeo.** Para garantizar la integridad de los microorganismos y la continuidad del proceso, el Participante deberá cumplir con lo siguiente:

  - **Tecnología de Bombeo:** Se prohíbe estrictamente el uso de bombas centrífugas de impulsor cerrado, ya que su alta velocidad y diseño mecánico dañan los flóculos biológicos y son propensas a obstrucciones. Se deberán suministrar bombas de cavidad progresiva (desplazamiento positivo), las cuales aseguran un transporte suave y un flujo constante independientemente de la presión de descarga.

  - **Redundancia y Respaldo:** El sistema debe contemplar obligatoriamente bombas de reserva (Standby) de idéntica capacidad para entrar en operación durante emergencias o maniobras de mantenimiento programado.

- **Tuberías, Soportería y Accesorios.**

  - **Materiales de Tubería:** Se podrá utilizar tubería de acero al carbón o PVC Cédula 80.

    - En caso de acero, se aplicará un sistema de recubrimiento anticorrosivo interior y exterior (ej. epóxico de altos sólidos) para resistir la agresividad de los lodos.
    - En caso de PVC Cédula 80, las secciones expuestas a la intemperie deberán contar con un recubrimiento protector contra rayos UV para evitar la cristalización del material.

  - **Soportería Aérea:** Toda la estructura de soporte en secciones elevadas será de acero con recubrimiento de galvanizado en caliente. Los accesorios de sujeción (abrazaderas, pernos, espárragos y tuercas) deberán ser fabricados exclusivamente en acero inoxidable para prevenir la corrosión galvánica y atmosférica.

- **Válvulas:** Se instalarán válvulas de seccionamiento y control situadas estratégicamente para permitir el aislamiento de tramos sin detener la operación total del sistema.

- **Automatización y Suministro Energético.**

  - **Control de Flujo:** Las dos salidas de cada bomba estarán controladas por válvulas automatizadas con actuadores eléctricos. Estos actuadores deben integrar interruptores de límite de torque y posición, comunicados en tiempo real con el sistema SCADA de la PTAR para la regulación de purgas y recirculaciones.

  - **Suministro Eléctrico Dual:** El sistema de bombeo de lodos es crítico para la supervivencia de la biomasa; por lo tanto, deberá estar conectado a un sistema dual de energía. Operará normalmente con la red Interna y contará con transferencia automática hacia el sistema de energía de emergencia (moto generador diésel) ante fallas en la red comercial.

TRATAMIENTO TERCIARIO: SISTEMA DE FILTRACIÓN DE DISCOS ROTATORIOS.

- **Estructura de Alimentación y Regulación.** El efluente proveniente de los clarificadores secundarios se conducirá por gravedad hacia una unidad de regulación antes de su ingreso al sistema de filtrado.

  - **Cisterna de Regulación:** Se deberá construir una cisterna de concreto reforzado con la elevación (carga hidráulica) suficiente para alimentar, exclusivamente por gravedad, a las unidades de filtración de discos rotatorios y tanque de contacto a cloro.

  - **Configuración de Salidas:** La cisterna contará con dos salidas independientes:

- **Línea de Proceso Terciario:** Conducción hacia los filtros rotatorios.

- **Línea de Excedentes y Demasías:** Conducción directa hacia el tanque de contacto de cloro para el manejo de volúmenes que no requieran tratamiento terciario o flujos extraordinarios por eventos pluviales

- **Control de Flujo y Medición en Tiempo Real.** Ambas líneas de salida de la cisterna deberán estar completamente automatizadas e instrumentadas:

  - **Válvulas de Control:** Se instalarán válvulas de control de flujo con actuadores eléctricos en cada línea. Estas deben permitir la manipulación y el monitoreo de su grado de apertura en tiempo real desde el sistema SCADA (Nivel 1 y 2).

  - **Instrumentación:** Cada tubería contará con un medidor de flujo (tipo electromagnético o ultrasónico) con transmisión de señal de 4-20 mA hacia el cuarto de control central para el registro histórico y la gestión de la carga hidráulica del sistema.

- **Unidades de Filtración de Discos Rotatorios.** El sistema de filtración mecánica autolimpiante se diseñará para el pulido del efluente y la eliminación de sólidos suspendidos finos.

  - **Especificaciones Técnicas:** Los equipos consistirán en discos montados sobre un tambor central con malla de filtración de 5 micras de apertura de poro. El marco de soporte y los componentes internos en contacto con el agua deberán ser de acero inoxidable (304 o 316) para garantizar durabilidad.

  - **Redundancia y Respaldo:** Se debe contemplar un esquema de operación Standby (N+1), asegurando que siempre exista un equipo de respaldo listo para entrar en operación durante emergencias o mantenimiento.

  - **Suministro Eléctrico Dual:** Los equipos y sus controles deben estar conectados tanto a la red Interna como al sistema de energía de emergencia de la planta.

- **Sistema de Autolimpieza y Retrolavado.** El sistema contará con un mecanismo automático de limpieza activado por sensores de nivel diferencial.

  - **Bombeo de Lavado:** Se instalará un sistema de bombeo dedicado para alimentar las espreas de autolimpieza de los discos con agua a presión.

  - **Servicio de Mantenimiento:** Se integrará una red de tuberías de agua a alta presión con tomas y mangueras de conexión rápida para la limpieza manual de los equipos y la plancha de concreto.

- **Retorno de Rechazo:** El 100% del agua proveniente del Retrolavado y de las actividades de limpieza del área deberá ser captada y recirculada hacia el inicio de los **reactores de lodos activados** para su reincorporación al proceso.

- **Infraestructura, Seguridad y Mantenimiento.** El área de filtración se proyectará como un centro operativo seguro:

  - **Obra Civil:** Los equipos se instalarán sobre una plancha de concreto reforzado con pendientes y canaletas para la captación total de agua de lavado.

  - **Instalaciones Eléctricas:** Se distribuirán contactos de 110/220V para herramientas de mantenimiento y un sistema de iluminación LED que garantice la operación segura durante la noche (mínimo 300 lux).

  - **Seguridad Industrial:** El área deberá contar con **señalética de seguridad** conforme a la normativa, así como **extintores** portátiles estratégicamente ubicados para la protección de los equipos electromecánicos.

ESTRUCTURA DE RECEPCIÓN Y BOMBEO HACIA ULTRAFILTRACIÓN.

- **Cisterna de Recepción y Cárcamo de Bombeo.** El producto filtrado proveniente de los discos rotatorios se recibirá en una cisterna de concreto reforzado, diseñada para actuar como cárcamo de regulación y succión para el sistema de ultrafiltración.

  - **Diseño Estructural:** La estructura debe ser calculada para resistir los empujes hidrostáticos y las vibraciones de los equipos de bombeo.

  - **Dimensionamiento e Hidráulica:** Las dimensiones internas deben garantizar un volumen de almacenamiento temporal que amortigüe las variaciones de flujo. El diseño debe asegurar una sumergencia mínima y una geometría que elimine la formación de vórtices superficiales o sumergidos, protegiendo así la integridad de los impulsores.

- **Sistema de Bombeo y Redundancia.** Se instalará una estación de bombeo de alta eficiencia para el envío del agua hacia los trenes de ultrafiltración:

- **Configuración N+1:** El sistema estará integrado por un equipo de bombeo operativo con capacidad para el flujo total de diseño y un equipo de reserva (Stand-by) de idénticas características para cubrir emergencias o periodos de mantenimiento.

- **Suministro Energético Dual:** Ambos equipos deberán contar con un sistema de transferencia automática para operar indistintamente con la energía de la red de CFE o con el sistema de energía de emergencia de la planta.

○ Protección y Mantenimiento de Equipos.

- **Protección Ambiental:** Debido a la ubicación exterior, el equipo de bombeo deberá contar con una cubierta protectora (cobertizo) diseñada para evitar el deterioro de motores, sellos y cableado por la exposición directa a los rayos solares (UV) y condiciones climáticas extremas.

- **Sistema de Lavado:** El área contará con una red de agua a presión (mínimo 700 kPa) para la limpieza profunda de la cisterna y la plancha de concreto.

- **Captación y Retorno:** El 100% del agua producto de las actividades de lavado y mantenimiento del área debe ser captada por el sistema de drenaje operativo y enviada de retorno al reactor biológico para su reincorporación al proceso.

○ Infraestructura Eléctrica y de Seguridad.

- **Iluminación Técnica:** Se instalará un sistema de iluminación LED que garantice un nivel mínimo de 300 lux en el área general y hasta 500 lux en zonas de control para permitir trabajos nocturnos seguros.

- **Tomas de Energía:** Se distribuirán contactos de corriente de 110/220V con protección contra humedad, destinados a la conexión de herramientas y equipos de mantenimiento.

- **Seguridad Industrial:** El área deberá estar debidamente señalizada conforme a la normativa de seguridad (señalética). Es obligatoria la instalación de extintores portátiles Tipo C para la protección contra incendios de origen eléctrico.

SISTEMA DE ULTRAFILTRACIÓN (UF).

- **Especificaciones Técnicas de las Membranas.** El sistema de ultrafiltración se diseñará como una barrera absoluta para la remoción de microorganismos y sólidos coloidales, garantizando la protección de los sistemas de ósmosis inversa situados aguas abajo.

  - **Tamaño de Poro:** Las membranas deberán tener un tamaño de poro nominal en el rango de 0.01 a 0.1 µm. Este rango es crítico para asegurar la eliminación de bacterias, virus y macromoléculas, logrando un Índice de Densidad de Sedimentos (SDI) menor a 5.

  - **Configuración y Material:** Se utilizará la tecnología de fibra hueca (hollow fiber), fabricada preferentemente en materiales con alta resistencia química como el PVDF. El diseño deberá ser de tipo modular para permitir la escalabilidad y facilidad de reemplazo.

  - **Presión de Operación:** El sistema operará a baja presión (presión transmembrana o PTM), en un rango de 0.1 a 0.5 bar, lo que permite un flujo eficiente mediante bombeo ligero y un bajo costo energético en comparación con procesos de alta presión.

  - **Vida Útil y Resistencia:** Las membranas deben garantizar una vida útil de 7 años y poseer compatibilidad total con agentes de limpieza química (CIP) como hipoclorito de sodio, ácidos (cítrico o clorhídrico) y álcalis.

- **Capacidad y Configuración Operativa.**

  - **Capacidad de Diseño:** El sistema total deberá estar configurado en módulos independientes capaces de tratar un flujo combinado de 150 l.p.s.

  - **Respaldo Eléctrico:** Para asegurar la continuidad del servicio, el diseño eléctrico debe permitir que al menos la mitad de los módulos de ultrafiltración operen simultáneamente conectados tanto a la red Interna como al sistema de energía de emergencia de la planta.

- **Edificio de Ultrafiltración.** 1 El sistema se alojará en un edificio industrial dedicado que cumpla con los siguientes requisitos:

- **Acabados:** Los pisos serán de concreto reforzado con recubrimiento de pintura epóxica de altos sólidos, utilizando códigos de colores normalizados para delimitar claramente las áreas de equipos y los pasillos de tránsito de personal.

- **Accesos:** El edificio contará con una puerta de acceso para personal fabricada en acero y equipada con chapa antipánico de seguridad. Para maniobras de equipo pesado, se instalará un portón con cortina metálica de claro amplio que permita el ingreso de tractocamiones.

- **Iluminación y Servicios:** Se garantizará una iluminación mínima de 300 a 500 lux mediante luminarias LED. Se distribuirán contactos de energía de 110/220V para el uso de herramientas de mantenimiento.

○ Automatización, Instrumentación y CCM.

- **Control de Motores:** El sistema contará con un Centro de Control de Motores (CCM) dedicado, alimentado desde el CCM principal de la PTAR, e incluirá un sistema integral de tierras físicas para la protección de la electrónica.

- **Gestión SCADA:** La operación deberá ser monitoreada y operada de forma remota desde el sistema de automatización central de la PTAR, manteniendo la capacidad de mando local para el operador mediante interfaces HMI.

○ Sistemas Auxiliares y Limpieza CIP.

- **Unidad CIP:** El edificio deberá albergar todos los recipientes, tanques de preparación y bombas dosificadoras necesarias para el protocolo de limpieza in situ (CIP).

- **Equipos Neumáticos:** Se suministrarán compresores y líneas de aire comprimido para el accionamiento de válvulas neumáticas y procesos de vibración de membranas si el diseño lo requiere.

- **Gestión de Aguas:** Se integrará un sistema de captación para el agua de Retrolavado y rechazo químico, la cual deberá enviarse de retorno al reactor biológico para su reincorporación al proceso.

○ Obra Mecánica y Seguridad.

- **Soportería:** Tanto los racks de soporte de las membranas como la Soportería de tuberías aéreas serán fabricados en acero con recubrimiento de galvanizado en caliente. Toda la tornillería y accesorios de sujeción serán estrictamente de acero inoxidable.

- **Seguridad contra Incendio:** Se instalarán extintores portátiles Tipo C en ubicaciones estratégicas cercanas a los tableros eléctricos y bombas.

ESTRUCTURA DE RECEPCIÓN DE AGUA DE ULTRAFILTRACIÓN, ENVÍO DE AGUA A OSMOSIS INVERSA Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA (PRODUCTO FINAL).

Esta estructura constituye el nodo de distribución final de la PTAR FIM, diseñada para captar el flujo total proveniente del sistema de ultrafiltración. Su función principal es regular y derivar el agua tratada hacia dos destinos críticos:

- **Tanque de almacenamiento de Producto Final:** Con una capacidad de conducción de hasta 150 litros por segundo (lps) destinados a la empresa consumidora.

- **Sistema de Ósmosis Inversa:** Una derivación capaz de enviar un flujo de hasta 75 lps para un tratamiento de mayor pureza.

La operación completa, incluyendo válvulas con actuadores eléctricos y medidores de flujo, será monitoreada y manipulada en tiempo real desde el centro de control automático de la planta.

- **Cisterna de Recepción y Cárcamo de Bombeo.** El producto filtrado se recibirá en una cisterna que actúa como cárcamo de regulación y succión para los sistemas subsecuentes.

  - **Diseño Estructural:** La estructura será de concreto reforzado. El diseño debe calcularse rigurosamente para resistir los empujes hidrostáticos internos, las cargas de equipo y las vibraciones generadas por los motores. Se recomienda el uso de concretos de baja permeabilidad y alta durabilidad para garantizar la estanqueidad y evitar filtraciones al subsuelo.

  - **Dimensionamiento e Hidráulica:** Las dimensiones internas deben garantizar un volumen de almacenamiento que amortigüe las variaciones de flujo. El diseño

hidráulico asegurará una sumergencia mínima (S) de las campanas de succión y una geometría que elimine la formación de vórtices superficiales o sumergidos, protegiendo la integridad de los impulsores contra cavitación y vibraciones.

- **Sistema de Bombeo y Redundancia.** Se empleará una estación de bombeo de alta eficiencia alineada con los parámetros del sistema de ultrafiltración:

  - **Configuración N+1:** El sistema contará con un equipo operativo capaz de cubrir el flujo total de diseño y un equipo de reserva (Stand-by) de idénticas características para asegurar la continuidad del servicio ante emergencias o mantenimiento.

  - **Suministro Energético Dual:** Ambos equipos integrarán un sistema de transferencia automática para operar indistintamente con la red interna o con el sistema de energía de emergencia de la planta.

  - **Control de Motores:** Se utilizarán variadores de frecuencia (VFD) para permitir arranques y paros suaves, optimizando el consumo energético y reduciendo el desgaste mecánico.

- **Protección y Mantenimiento de Equipos.**

  - **Protección Ambiental:** El equipo de bombeo contará con una cubierta protectora (cobertizo) para evitar que la exposición directa a rayos UV y condiciones climáticas extremas deteriore motores, sellos y cableado.

  - **Sistema de Lavado:** El área dispondrá de una red de agua a presión (mínimo 700 kPa) para la limpieza profunda de la cisterna y planchas de concreto.

  - **Captación y Retorno:** El 100% del agua de lavado y mantenimiento será captada por el sistema de drenaje operativo y enviada de retorno al reactor biológico (o inicio del proceso) para su reincorporación, cumpliendo con criterios de eficiencia operativa y control ambiental.

- **Infraestructura Eléctrica y de Seguridad.**

  - **Iluminación Técnica:** Se instalará un sistema LED que garantice un nivel mínimo de 300 lux en el área general y hasta 500 lux en zonas de control y tableros, permitiendo operaciones nocturnas seguras.

- **Tomas de Energía:** Se distribuirán contactos de 110/220V con protección contra humedad para herramientas de mantenimiento.

- **Seguridad Industrial:** El área contará con señalética normativa y extintores portátiles Tipo C para incendios de origen eléctrico, ubicados estratégicamente a distancias no mayores de 15 metros de los equipos.

SISTEMA DE ÓSMOSIS INVERSA (CAPACIDAD 75 LPS).

Este sistema constituye la etapa de desmineralización avanzada de la PTAR FIM, diseñada para procesar un flujo de alimentación de hasta 75 litros por segundo (lps). El proceso utiliza membranas semipermeables para la remoción de constituyentes disueltos e iones, operando bajo altas presiones para producir agua de calidad industrial superior.

- **Retorno a Proceso:** El 100% del flujo de rechazo generado por las membranas será conducido mediante una línea dedicada hacia el Tanque de Espesamiento de Lodos para su gestión y tratamiento.

- **Lavados Químicos:** Los residuos provenientes de las limpiezas químicas periódicas (CIP) de las membranas también serán captados por el sistema de drenaje operativo para su disposición controlada.

- **Infraestructura del Edificio de Ósmosis Inversa.** El edificio de operación de OI compartirá las mismas especificaciones técnicas de seguridad, durabilidad y diseño que el edificio de ultrafiltración:

  - **Acabados:** Los pisos serán de concreto reforzado con recubrimiento de pintura epóxica de altos sólidos, utilizando códigos de colores normalizados para delimitar claramente las áreas de equipos y los pasillos de tránsito de personal.

  - **Accesos:** El edificio contará con una puerta de acceso para personal fabricada en acero y equipada con chapa antipánico de seguridad. Para maniobras de equipo pesado, se instalará un portón con cortina metálica de claro amplio que permita el ingreso de tractocamiones.

  - **Iluminación y Servicios:** Se garantizará una iluminación mínima de 300 a 500 lux mediante luminarias LED. Se distribuirán contactos de energía de 110/220V para el uso de herramientas de mantenimiento.

- **Automatización, Instrumentación y CCM.**

  - **Control de Motores:** El sistema contará con un Centro de Control de Motores (CCM) dedicado, alimentado desde el CCM principal de la PTAR, e incluirá un sistema integral de tierras físicas para la protección de la electrónica.

  - **Gestión SCADA:** La operación deberá ser monitoreada y operada de forma remota desde el sistema de automatización central de la PTAR, manteniendo la capacidad de mando local para el operador mediante interfaces HMI.

- **Sistemas Auxiliares y Limpieza CIP.**

  - **Unidad CIP:** El edificio deberá albergar todos los recipientes, tanques de preparación y bombas dosificadoras necesarias para el protocolo de limpieza in situ (CIP).

  - **Equipos Neumáticos:** Se suministrarán compresores y líneas de aire comprimido para el accionamiento de válvulas neumáticas y procesos de vibración de membranas si el diseño lo requiere.

  - **Gestión de Aguas:** Se integrará un sistema de captación para el agua de Retrolavado y rechazo químico, la cual deberá enviarse de retorno al reactor biológico para su reincorporación al proceso.

- **Obra Mecánica y Seguridad.**

  - **Soportería:** Tanto los racks de soporte de las membranas como la Soportería de tuberías aéreas serán fabricados en acero con recubrimiento de galvanizado en caliente. Toda la tornillería y accesorios de sujeción serán estrictamente de acero inoxidable.

  - **Seguridad contra Incendio:** Se instalarán extintores portátiles Tipo C en ubicaciones estratégicas cercanas a los tableros eléctricos y bombas.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE AGUA TRATADA (PRODUCTO FINAL).

Esta infraestructura actúa como el pulmón de reserva estratégica de la PTAR FIM, asegurando la continuidad del suministro de agua tratada hacia la empresa consumidora final bajo condiciones controladas de calidad y volumen.

- **Capacidad Operativa:** Deberá garantizar un volumen de almacenamiento equivalente a como mínimo 8 horas de envío continuo, calculado con base en el flujo máximo diario estipulado para el consumidor final.

- **Materiales de Construcción:** La estructura podrá ser de concreto reforzado o de tierra con geomembrana de alta densidad, asegurando en ambos casos la total estanqueidad para evitar filtraciones al subsuelo.

- **Protección Ambiental:** El tanque contará con una cubierta protectora integral diseñada para aislar el agua tratada de la intemperie. Esta estructura es crítica para evitar que el producto final se contamine con polvo, materia orgánica externa u otros agentes contaminantes, preservando la calidad obtenida en los procesos de ultrafiltración y ósmosis inversa.

- **Estructura de Recepción y Desinfección.** En la etapa inicial, el tanque integra un nodo de recepción y acondicionamiento químico.

    - **Caja de Recepción:** Una estructura de **concreto reforzado** recibirá los flujos provenientes de los trenes de Ultrafiltración y Ósmosis Inversa.

    - **Sistema de Cloración:** El tanque contará con una línea de suministro para la aplicación de cloro en modo acuoso (solución clorada) proveniente del edificio de gas cloro. El diseño debe asegurar un tiempo de contacto adecuado (típicamente de 15 a 30 minutos para flujos pico) y una mezcla homogénea mediante difusores para garantizar la eliminación de patógenos antes del suministro final.

- **Sistema de Bombeo al Consumidor Final.** El egreso del agua hacia la empresa consumidora se realizará mediante una estación de bombeo de alta confiabilidad:

    - **Infraestructura de Bombeo:** Las bombas estarán instaladas en una estructura específica (cárcamo de succión) que permita el montaje seguro del equipo y facilite las maniobras de mantenimiento.

- **Configuración y Redundancia:** El sistema operará bajo un esquema de **bombeo operativo y un bombeo adicional (N+1)**, garantizando que el suministro no se interrumpa por fallas mecánicas o mantenimiento programado.

- **Suministro Energético Dual:** Para asegurar la resiliencia operativa, el equipo de bombeo contará con un sistema de transferencia que le permita funcionar indistintamente con la red de interna o con el sistema de energía de emergencia de la planta.

- **Especificaciones de Seguridad y Control.**

  - **Prevención de Vórtices:** La geometría de la sección de succión debe asegurar una **sumergencia mínima (S)** para proteger los impulsores de las bombas contra la cavitación y vibraciones excesivas.

  - **Monitoreo de Nivel:** Se instalarán sensores de nivel hidrostáticos conectados al sistema SCADA central para regular el flujo de salida mediante **variadores de frecuencia (VFD)**, optimizando el consumo energético según la demanda de la empresa consumidora.

INFRAESTRUCTURA CIVIL Y EDIFICIOS DE CONTROL (PTAR FIM).

La planta contará con edificios diseñados bajo criterios de alta seguridad industrial, funcionalidad operativa y ergonomía, cumpliendo estrictamente con la NOM-001-STPS-2008 para edificios y locales.

- **Caseta de Vigilancia y Edificio Administrativo.**

  - **Caseta de Vigilancia:** Punto de control de acceso principal equipado con servicio sanitario completo para el personal de seguridad. Contará con iluminación LED (mínimo 100 lux en accesos) y terminal de monitoreo de videovigilancia (CCTV).

- **Edificio Administrativo:** Diseñado como el centro de gestión de la planta, incluirá:

  - **Áreas:** Recepción, oficina para Gerente, oficina para Contador, sala de juntas y cuarto de archivero.

- **Mobiliario y Clima:** Equipado con escritorios técnicos, sillas ergonómicas de uso rudo y sistema de aire acondicionado para preservar el equipo de cómputo y el bienestar del personal.

- **Iluminación:** Se garantizarán 500 lux en áreas de escritorio para lectura y registro de datos, y 300 lux en zonas generales.

- **Edificio de Operación y Laboratorio de Control** Este edificio constituye el núcleo inteligente de la PTAR y centro de bienestar del personal operativo:

  - **Sala de Control:** Equipado con consolas de control local (CCL) y estaciones de monitoreo SCADA para la supervisión en tiempo real de los procesos.

  - **Laboratorio de Control Interno:** Totalmente equipado para determinaciones de pH, temperatura, conductividad, Sólidos Suspendidos Totales (SST), DQO y microorganismos. Incluirá equipos como multiparámetro, turbidímetro, colorímetro y stock inicial de reactivos químicos.

  - **Área de Servicios al Personal:** Incluye comedor vestidores y casilleros (lockers) separados para hombres y mujeres, dotados de agua corriente y regaderas. Es obligatorio el uso de estaciones lavaojos y regaderas de emergencia en áreas de manejo químico.

- **Taller de Mantenimiento y Almacenes.**

  - **Taller de Mantenimiento:** Área diseñada para mantenimiento preventivo y correctivo, equipada con bancos de trabajo, aparatos para levantar válvulas de gran peso y oficina para el Jefe de Mantenimiento.

    - **Herramental:** Se dotará de un stock inicial de herramientas mecánicas, eléctricas y de medición (voltímetros, amperímetros, etc.).
    - **Refacciones:** El almacén de refacciones contará con un inventario inicial crítico de sellos mecánicos, cojinetes, impulsores, empaques y juntas para bombas y motores.

- **Almacén de Residuos Peligrosos y Químicos:**

- **Almacen de residuos peligrosos temporal.** Deberá contar con contenedores para almacenar todos los desechos de la planta como viales de laboratorio, aceites, material impregnado y demás, estos deberán contar con un dique de control de derrames y demás dispuesto por las normas mexicanas en vigor.

- **Químicos de Operación:** Almacén ventilado y separado por composición química para evitar reacciones secundarias o incendios.

- **Edificio de CCM e Infraestructura de Potencia.** Alojara los sistemas críticos de energía y control motorizado:

  - **CCM y Subestación:** Se instalará un CCM de "frente muerto" con unidades removibles (silletas) y banco de capacitores automático anti-resonante para corrección del factor de potencia (mínimo 0.90). Esta área contará con climatización y presurización para disipar el calor de los variadores de frecuencia.

  - **Generación de Emergencia:** Planta de emergencia a diésel con sistema de transferencia automática (ATS).

    - **Autonomía:** Tanque de almacenamiento dimensionado para 8 horas de operación continua a plena carga, con acceso seguro para carga de combustible y diques de contención de derrames.
    - **Respaldo:** El sistema de baterías para el arranque del motor y el sistema UPS para control y CCTV deberán estar en un local independiente y ventilado.

- **Especificaciones Generales y Seguridad Laboral.**

  - **Sistema Contraincendios:** Todos los edificios contarán con extintores portátiles **Tipo C** (incendios eléctricos), ubicados a no más de 15 metros de los equipos y debidamente señalizados.

  - **Seguridad y Señalética:** Cumplimiento con la NOM-026-STPS-2008 para la identificación de riesgos, fluidos en tuberías y rutas de evacuación.

  - **Pisos:** En áreas industriales y CCM, los pisos serán de concreto reforzado con **recubrimiento epóxico de altos sólidos** para facilitar la limpieza y resistir vibraciones.

PROPUESTA ECONOMICA FASE SEMILLA (CAPEX).

La evaluación, dictaminación y viabilidad de cualquier propuesta económica en la Fase Semilla quedan estricta e irrevocablemente condicionadas a la integración financiera y operativa de los Términos de Referencia de Salud Laboral (HSE) y Calidad de Construcción (*QA/QC*).

Es una responsabilidad absoluta e indelegable de la Empresa Contratista (E.P.C.) acatar y costear el cumplimiento irrestricto de estos lineamientos desde la presupuestación inicial y durante toda la fase constructiva. Estos costos deben estar internalizados en su propuesta, ya que el presupuesto final operará bajo el principio de inmutabilidad financiera (Precio Alzado / *Lump-Sum Turn-Key*), con una tolerancia máxima de variación del 5% respecto a la Fase Semilla.

da que rige estos estándares es de consulta obligatoria y pública a través del portal oficial del ecosistema: **www.aguaresponsablefim.com.mx**
(Apartado: CAPEX).

El desconocimiento, omisión o inobservancia de estas normativas por parte de la Empresa E.P.C. o su cadena de subcontratistas no exime su cumplimiento, y constituirá causal directa para la emisión de Cartas de No Conformidad (NCR), la retención de estimaciones y, en casos críticos, la ejecución de las garantías institucionales.

Nota Vinculante de Alcances Técnicos: Para todos y cada uno de los rubros aquí descritos, es responsabilidad absoluta, consolidada e indelegable de la Empresa Contratista (E.P.C.) revisar, analizar y acatar exhaustivamente la totalidad de los detalles técnicos, ingenierías básicas y alcances específicos que rigen este proyecto. La E.P.C. asume el riesgo constructivo y operativo integral (Single-Point Responsibility), por lo que cualquier omisión en la revisión de los documentos rectores no la exime de su cumplimiento bajo el esquema de Precio Alzado.

1.0 TRABAJOS PRELIMINARES.

1.01 Permisos y Licencias de Construcción: Cárcamo de Agua Residual.

- **Inversión Asignada:** **$500,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Provisión integral de los recursos para la gestión administrativa, pago de derechos y obtención de todos los trámites y licencias requeridos para la edificación del Cárcamo ante el Municipio de Francisco I. Madero.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Es responsabilidad irrenunciable de la Empresa E.P.C. verificar en la documentación rectora todos los requisitos técnicos, condicionantes normativas y alcances legales exigidos por las autoridades competentes para asegurar la liberación ininterrumpida de estos permisos.

1.02 Pago de Derechos y Contratación del Servicio de Energía Eléctrica: Cárcamo FIM (Incluye Acometida).

- **Inversión Asignada:** **$400,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Gestión, contratación y pago de derechos ante la CFE para el suministro eléctrico definitivo y la ejecución de la obra de acometida, garantizando que el contrato quede a nombre de la Empresa Tecnóloga Agua Responsable FIM.

- **Responsabilidad E.P.C.:** La Empresa E.P.C. asume la responsabilidad "End-to-End" de lograr la viabilidad energética. Es su obligación ineludible checar las especificaciones técnicas del proyecto para dimensionar correctamente la acometida, la demanda requerida y los componentes de interconexión.

1.03 Estudios del Sitio: Diagnóstico de Campo para Proyecto Ejecutivo.

- **Inversión Asignada:** **$300,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Ejecución de todos los estudios topográficos, mecánicas de suelos, análisis fisicoquímicos in situ y diagnósticos de campo necesarios para fundamentar la Ingeniería de Detalle.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Cualquier información histórica provista es únicamente referencial. Es responsabilidad estricta de la Empresa E.P.C. revisar los alcances técnicos exigidos y ejecutar de manera autónoma los estudios de campo para obtener parámetros reales que sustenten su diseño, asumiendo integralmente el riesgo constructivo.

1.04 Proyecto Ejecutivo Integral (PTAR FIM y Cárcamo de Rebombeo).

- **Inversión Asignada:** **$5,000,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Desarrollo, justificación matemática y entrega del Proyecto Ejecutivo e Ingeniería de Detalle (obra civil, electromecánica y de control) para

el tren de tratamiento y el cárcamo, incluyendo el esquema de redundancia operativa (N+1).

- **Responsabilidad E.P.C.:** Como ente garante del ecosistema, es responsabilidad de la E.P.C. analizar a profundidad todos los manuales, directrices operativas y matrices de diseño del proyecto. La E.P.C. debe asegurarse de que la ingeniería cumpla milimétricamente con los alcances técnicos estipulados antes de someterla a la validación de la Supervisión Externa. La validación de este Proyecto Ejecutivo es un hito de "No Retorno". No se autorizará el inicio de la obra civil ni mecánica hasta que las ingenierías cumplan con estas directrices operativas.

2.00 CARCAMO DE AGUAS RESIDUALES CRUDAS FIM.

2.01 Camino de Acceso al Cárcamo (Apto para Tránsito Pesado).

- **Inversión Asignada:** **$250,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Construcción de una rampa y acceso carretero con estructura de pavimento diseñada para soportar maniobras dinámicas de tránsito pesado (tractocamiones y grúas) durante toda la vida útil del proyecto.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Es obligación de la Empresa E.P.C. checar los detalles topográficos y técnicos para garantizar que los niveles eviten encharcamientos y que la mecánica de materiales soporte las cargas exigidas, así como su funcionabilidad exigida para el propósito. La omisión de estos alcances técnicos en campo será motivo de rechazo de la obra.

2.02 Protección Perimetral.

- **Inversión Asignada:** **$750,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Delimitación física, construcción de barda y controles de acceso que garanticen la seguridad patrimonial de la infraestructura crítica del Cárcamo.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Es responsabilidad de la E.P.C. realizar los levantamientos en sitio y revisar detalladamente en los documentos técnicos los alcances estructurales, alturas, cimentaciones y lineamientos de seguridad exigidos para esta barrera perimetral.

2.03 Edificios: Obra Civil, Arquitectura y Equipamiento (Cárcamo FIM).

- **Inversión Asignada:** **$1,500,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Edificación y equipamiento del edificio de control y operación del Cárcamo, construido bajo estándares de arquitectura industrial de misión crítica para proteger los sistemas de inteligencia y garantizar la salud laboral (HSE).

- **Responsabilidad E.P.C.:** Es responsabilidad absoluta de la E.P.C. consultar las especificaciones técnicas rectoras para integrar adecuadamente los sistemas de potencia, climatización, acabados industriales y equipamiento de inmobiliario. Cualquier desviación técnica detectada por la Supervisión Externa derivará en una Carta de No Conformidad (NCR).

2.04 ELEMENTOS DEL PROCESO, OBRA CIVIL.

- **Inversión Asignada:** **$2,500,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Construcción en concreto de alta resistencia de toda la obra civil pesada: canal de llegada, cilindro de recepción, infraestructura de bombeo, recolección de sólidos, drenajes y bases para el sistema anti-olores.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Los detalles sobre estanqueidad, tipos de cemento (resistente a sulfatos) y recubrimientos epóxicos no se describen en su totalidad en este presupuesto; por lo tanto, es obligación indelegable de la Empresa E.P.C. revisar las especificaciones técnicas completas y costear todos los alcances de ingeniería necesarios para asegurar la durabilidad de los elementos del proceso ante ambientes corrosivos.

2.05 ELEMENTOS DEL PROCESO, EQUIPOS MECANICOS, ELECTRICOS E INSTRUMENTACION.

- **Inversión Asignada:** **$10,000,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida asegura la provisión y gestión logística integral para el fincado de pedidos de todo el equipamiento crítico, ejecutado en estricto apego a las especificaciones dictadas por el Proyecto Ejecutivo y la Ingeniería de Detalle. El alcance operativo obliga a la Empresa E.P.C. a coordinar el traslado internacional, gestionar la importación aduanal de los equipos y garantizar su correcta recepción,

custodia y resguardo físico dentro de un almacén habilitado estratégicamente en el sitio de obra.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Es responsabilidad absoluta e indelegable de la Empresa E.P.C. gestionar la compra e importación de los equipos, garantizando que todos los elementos suministrados sean estrictamente acordes y cumplan a cabalidad con las especificaciones técnicas del Proyecto Ejecutivo, manteniéndolos a salvo y protegidos en su almacén dentro de la obra. Dado que los pormenores electromecánicos, capacidades y protocolos de instrumentación no se describen de manera exhaustiva en este presupuesto, es obligación vinculante de la Empresa E.P.C. checar, revisar y acatar todos los detalles técnicos y alcances específicos contenidos en las ingenierías rectoras. Cualquier omisión en la interpretación de estos alcances no exime su cumplimiento integral y será asumida bajo su propio riesgo dentro del esquema de Precio Alzado.

2.06 INSTALCIONES, EQUIPOS MECANICOS, ELECTRICOS E INSTRUMENTACION.

- **Inversión Asignada:** **$7,000,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida comprende la logística y las maniobras de traslado interno de los equipos desde el almacén de resguardo en el sitio de obra hasta su punto definitivo de montaje. Su objetivo central es la ejecución integral de la correcta instalación mecánica, electromecánica y eléctrica, asegurando que toda la infraestructura, motores y tableros queden listos para operar estrictamente conforme a las capacidades y parámetros de diseño requeridos.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Es responsabilidad absoluta e indelegable de la Empresa E.P.C. garantizar que todos los equipos queden correctamente instalados, alineados e interconectados, dando cumplimiento irrestricto a los rigurosos protocolos de Salud Laboral (HSE) y Calidad de Construcción (QA/QC) que exige el modelo de proyecto. Puesto que en este presupuesto no se desglosan a detalle los diagramas de conexión, canalizaciones, pruebas de aislamiento o protocolos de puesta en marcha, es obligación vinculante de la Empresa E.P.C. checar y revisar exhaustivamente todas las especificaciones técnicas contenidas en el Proyecto Ejecutivo e Ingeniería de Detalle. Cualquier omisión en la interpretación de los alcances técnicos de instalación no la exime de su cumplimiento, asumiendo el riesgo constructivo total para asegurar el funcionamiento óptimo de los equipos bajo el esquema de Precio Alzado.

2.07 PUESTA EN MARCHA INSTRUMENTACION Y CONTROL.

- **Inversión Asignada:** **$850,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida garantiza la ejecución integral de las pruebas de arranque, calibración, sintonización de lazos e integración de todo el sistema de instrumentación y automatización (*Commissioning*). Su objetivo neurálgico es enlazar y validar la comunicación de los procesos electromecánicos con el sistema central de inteligencia operativa (EMS/SCADA), asegurando que el Cárcamo de Rebombeo opere de manera autónoma, continua y bajo los parámetros de diseño exigidos.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Bajo el principio de responsabilidad operativa única e indivisible (*Single-Point Responsibility*), es obligación estricta de la Empresa E.P.C. revisar y dominar exhaustivamente las narrativas de control, los diagramas de lazos y las ingenierías de detalle contenidas en el Proyecto Ejecutivo. Dado que los protocolos precisos de pruebas en fábrica y en sitio (FAT/SAT), así como los alcances específicos de telemetría, no se desglosan en este presupuesto, la E.P.C. debe costear e internalizar todas las maniobras técnicas necesarias para lograr el arranque exitoso. Cualquier omisión de interpretación técnica no exime su cumplimiento bajo el esquema de Precio Alzado; la Empresa E.P.C. está obligada a entregar el sistema 100% funcional para que la Supervisión Externa dictamine y libere el hito operativo.

2.08 INTERCONEXION.

- **Inversión Asignada:** **$250,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida asegura la ejecución de todos los trabajos de interconexión física, hidráulica, mecánica y eléctrica necesarios para acoplar armónicamente el Cárcamo de Rebombeo con la infraestructura exterior (como la línea de descarga a presión hacia la PTAR FIM) y los sistemas generales del ecosistema. Contempla la provisión y montaje de piezas especiales, niplería, bridas, transiciones, remates electromecánicos y el empalme final que garantice la estanqueidad absoluta y la continuidad operativa del sistema.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Dado que los isométricos, listados de materiales (BOM) y protocolos precisos de acoplamiento no se describen de manera exhaustiva en este presupuesto, es responsabilidad absoluta, consolidada e indelegable de la Empresa E.P.C. revisar, analizar y acatar a detalle los planos de arreglo general y las ingenierías rectoras. Bajo el principio de riesgo constructivo integral (*Single-Point*

Responsibility), cualquier omisión en la cuantificación de las piezas o en la interpretación de los alcances técnicos de interconexión no exime a la Empresa E.P.C. de su cumplimiento. Es su obligación ineludible entregar el sistema física y operativamente acoplado, asumiendo todos los costos derivados bajo el esquema de Precio Alzado.

2.9 PRUEBAS, PUESTA EN MARCHA Y ESTABILIZACION.

- **Inversión Asignada:** **$300,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida garantiza la ejecución exhaustiva de los protocolos de pruebas en vacío y con carga, el arranque integral (*Commissioning*) y el periodo de estabilización operativa del Cárcamo de Rebombeo. Su objetivo es calibrar y validar el comportamiento dinámico del sistema en su conjunto, asegurando que toda la obra civil, equipos electromecánicos y de automatización alcancen los parámetros de diseño exigidos y operen de manera armónica, continua y segura antes de su entrega definitiva.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Bajo el principio de responsabilidad operativa única e indivisible (*Single-Point Responsibility*), es obligación ineludible de la Empresa E.P.C. coordinar, ejecutar y costear todas las maniobras, insumos, pruebas de laboratorio y personal especializado requeridos para esta fase crítica. Puesto que los protocolos precisos de estabilización y las métricas de aceptación no se desglosan exhaustivamente en este presupuesto, es responsabilidad absoluta de la E.P.C. revisar a detalle, interpretar y acatar todas las especificaciones técnicas contenidas en el Proyecto Ejecutivo e Ingeniería de Detalle. La Empresa E.P.C. asume integralmente el riesgo constructivo y operativo; por lo tanto, cualquier desviación, falla o falta de estabilización del sistema deberá ser subsanada bajo su propio costo en el esquema de Precio Alzado. La Supervisión Externa no dictaminará la liberación de este hito ni autorizará la firma del Acta de Entrega-Recepción hasta comprobar el funcionamiento óptimo y estable de toda la infraestructura.

3.0 LINEA CONDUCCION AGUA RESIDUAL CRUDA CARCAMO - PTAR FIM

3.01 Tramites y permisos de derechos de vía para la instalación de la tubería. Incluye el pago de los derechos.

- **Inversión Asignada:** **$1,000,000.00 MXN**

- **Alcance General:** Esta partida asegura la provisión integral de recursos para la gestión administrativa, negociación, tramitología y el pago definitivo de todos los derechos exigidos para la liberación y obtención de la servidumbre de paso (derecho de vía). Su objetivo es garantizar un trayecto libre de conflictos legales, sociales o de tenencia de la tierra para la correcta instalación y tendido continuo de la línea de presión de aguas residuales crudas.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Bajo el principio de responsabilidad operativa consolidada e indelegable (*Single-Point Responsibility*), es obligación estricta de la Empresa E.P.C. revisar la Ingeniería de Detalle y el Proyecto Ejecutivo para identificar los trazos, cruzamientos y polígonos de afectación precisos. Asimismo, la E.P.C. debe garantizar que toda la tramitología se ejecute de manera autónoma y en estricto apego a las leyes mexicanas y a los lineamientos de las dependencias gubernamentales competentes. Dado que los pormenores topográficos y legales del trazo no se desglosan a detalle en este presupuesto, la E.P.C. asume el riesgo total de la gestión; cualquier omisión de interpretación, retraso o sobrecosto no exime su cumplimiento bajo el esquema de Precio Alzado. Es su obligación entregar la vía de instalación totalmente liberada para asegurar la continuidad constructiva del proyecto.

3.02 Suministro e Instalación de Tubería.

- **Inversión Asignada:** **$30,000,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida garantiza la provisión, logística, traslado, manejo en sitio y ejecución integral de la obra electromecánica y civil para la instalación de la línea de conducción a presión de aguas residuales crudas. El alcance operativo contempla los trabajos de excavación, conformación de la cama de soporte, tendido de la tubería, procesos de termofusión o acoplamiento, acostillado, relleno de zanjas y la ejecución de todas las pruebas hidrostáticas requeridas para asegurar la hermeticidad y estanqueidad total del sistema desde el Cárcamo de Rebombeo hasta la PTAR FIM.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Bajo el principio vinculante de responsabilidad operativa única, consolidada e indivisible (*Single-Point Responsibility*), la Empresa E.P.C. asume el rol de garante del proyecto y opera como un escudo corporativo (EPC Wrap). Puesto que los detalles finos de ingeniería tales como diámetros, especificaciones del material, presiones de trabajo, cruces especiales, válvulas de expulsión de aire y volumetrías topográficas no se desglosan en este presupuesto, es obligación absoluta de la E.P.C. analizar, dimensionar y acatar exhaustivamente

el Proyecto Ejecutivo y la Ingeniería de Detalle. Cualquier omisión, subestimación de volúmenes o falla en la interpretación de los alcances no la exime de su cumplimiento integral bajo el principio de Precio Alzado. La Empresa E.P.C. está obligada a costear y ejecutar la instalación en estricto apego a los lineamientos de Salud Laboral (HSE) y Calidad de Construcción (QA/QC); de lo contrario, la Supervisión Externa emitirá las Cartas de No Conformidad (NCR) correspondientes y bloqueará la liberación de este hito financiero.

3.03 Obras y Accesorios Complementarios para el buen funcionamiento de la Líneas de Conducción.

- **Inversión Asignada:** **$3,000,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida asegura la provisión, construcción y montaje de toda la infraestructura accesoria crítica requerida para salvaguardar la integridad y eficiencia hidráulica de la línea de presión. El alcance operativo contempla la ejecución de cajas para válvulas (expulsión y admisión de aire, seccionamiento y desfogue), construcción de atraques de concreto reforzado para absorber empujes dinámicos, cruces especiales, piezas de transición y cualquier elemento de protección mecánica o estructural indispensable para el tránsito seguro y continuo del efluente.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Bajo el principio ineludible de transferencia total del riesgo constructivo (*Single-Point Responsibility*), es responsabilidad absoluta e indelegable de la Empresa E.P.C. revisar, analizar y acatar milimétricamente los perfiles topográficos, los arreglos mecánicos y las especificaciones técnicas plasmadas en el Proyecto Ejecutivo e Ingeniería de Detalle. Puesto que las volumetrías exactas, el dimensionamiento estructural de las obras accesorias y los detalles de las piezas especiales no se desglosan exhaustivamente en este presupuesto, la Empresa E.P.C. está obligada a costear e internalizar todos estos alcances. Cualquier omisión en la cuantificación o interpretación de la ingeniería no la exime de su cumplimiento bajo la estricta modalidad de contrato a Precio Alzado y Tiempo Determinado (*Lump-Sum Turn-Key*). La E.P.C. asume el riesgo total de garantizar que la línea funcione armónicamente; de lo contrario, deberá subsanar cualquier deficiencia bajo su propio costo para que la Supervisión Externa avale el hito operativo.

4.00 PLANTA TRATADORA DE AGUAS RESIDUALES -PTAR FIM-

4.01 TERRACERIAS Y OBRAS PRELIMINARES

- **Inversión Asignada:** **$2,000,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida asegura la ejecución integral de las terracerías y todas las obras preliminares indispensables para habilitar el polígono y arrancar los frentes de trabajo. El alcance operativo contempla la conformación de los caminos de acceso interno a la planta, la implementación rigurosa de medidas de mitigación ambiental para evitar el levantamiento de polvo, y el despliegue de toda la infraestructura provisional estratégica. Esto incluye la instalación de casetas para el equipo de ingeniería y control, almacenes generales de resguardo, puntos de hidratación, y la estructuración total de la logística de trabajo interno dentro del recinto. Asimismo, garantiza la habilitación de los servicios básicos, de higiene y de salud ocupacional requeridos para el personal operativo y de supervisión (Dossier HSE).

- **Responsabilidad E.P.C.:** Bajo el principio ineludible de responsabilidad operativa consolidada (*Single-Point Responsibility*), es obligación absoluta de la Empresa E.P.C. fungir como titular ante las autoridades, obteniendo el registro SIROC de la obra y garantizando el acatamiento implacable de las normas de seguridad industrial (NOM-031-STPS) y el uso obligatorio de Equipo de Protección Personal (EPP) en todos los accesos. Puesto que las volumetrías exactas de movimiento de tierras y los planos logísticos de las instalaciones provisionales no se desglosan a detalle en este presupuesto, es responsabilidad irrenunciable de la E.P.C. revisar, analizar y costear exhaustivamente todas las especificaciones técnicas contenidas en el Proyecto Ejecutivo. Cualquier omisión en la habilitación del sitio o en la interpretación de los alcances no la exime de su cumplimiento bajo la estricta modalidad de Precio Alzado, asumiendo el riesgo constructivo total para asegurar un arranque de obra fluido y sin disrupciones.

4.02 ESTRUCTURAS DE LAS UNIDADES DE PROCESO.

- **Inversión Asignada:** **$60,000,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida neurálgica asegura la provisión, habilitación y edificación integral de todas las estructuras de concreto reforzado y/o acero estructural que albergarán las unidades de proceso (Cribado y Desarenado) y equipos electromecánicos de la planta. El alcance operativo contempla la cimentación profunda (si aplica), superestructura, losas de cimentación, muros de

contención, cárcamos, tanques de proceso y plataformas de operación, garantizando la estanqueidad total y la integridad estructural frente al ataque químico y las cargas dinámicas del efluente.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Bajo el mandato ineludible de responsabilidad operativa, consolidada e indivisible (*Single-Point Responsibility*), es obligación estricta de la Empresa E.P.C. ejecutar y costear a detalle todas las mecánicas de suelo, cálculos estructurales, pruebas de laboratorio en materiales (resistencia de concreto, tensión de acero) e ingenierías de detalle derivadas del Proyecto Ejecutivo. La E.P.C. funge como el escudo corporativo (*EPC Wrap*) que aísla de riesgo al ecosistema; por lo tanto, cualquier omisión en la interpretación topográfica, estructural o volumétrica no la exime de su cumplimiento bajo el esquema de Precio Alzado. Es su obligación entregar las estructuras de proceso terminadas y probadas bajo las normas de Salud Laboral (HSE) y Calidad de Construcción (QA/QC), debiendo subsanar bajo su propio costo cualquier deficiencia señalada por la Supervisión Externa antes de la liberación del hito.

4.03 EDIFICIOS (OBRA CIVIL Y ARQUITECTURA).

- **Inversión Asignada:** **$35,000,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida presupuestal abarca la edificación integral, con acabados y arquitectura de nivel industrial, de todos los edificios críticos para la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR FIM). El alcance incluye la construcción del Edificio Administrativo y de Control, el Laboratorio Analítico, el área de Deshidratación de Lodos, las zonas de almacenes y los talleres de mantenimiento electromecánico, garantizando instalaciones ergonómicas, seguras y equipadas para asegurar la salud laboral (HSE) de los operadores y directivos.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Bajo el principio de responsabilidad consolidada e indelegable (*Single-Point Responsibility*), es obligación estricta de la Empresa E.P.C. revisar a profundidad el Proyecto Ejecutivo, las memorias de cálculo y las especificaciones arquitectónicas rectoras del ecosistema. La E.P.C. debe costear e integrar todos los detalles de cancelería, acabados, impermeabilizaciones, aislamientos y sistemas de climatización industrial requeridos para el resguardo óptimo del equipamiento y el confort del personal. Cualquier omisión en el diseño o subestimación volumétrica será absorbida en su totalidad por la E.P.C. bajo la modalidad de contrato a Precio Alzado. Es su obligación ineludible entregar los edificios completamente terminados y funcionales, debiendo corregir cualquier

desviación señalada por la Supervisión Externa (NCR) antes de que se autorice la liberación del hito y la dispersión financiera.

4.04 ELEMENTOS DEL PROCESO, EQUIPOS MECANICOS, ELECTRICOS E INSTRUMENTACION.

- **Inversión Asignada:** **$125,000,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida se delimita exclusiva y estrictamente a la procura y el fincado de pedidos de todos los equipos que ya se establecieron y validaron desde el Proyecto Ejecutivo. Su alcance operativo abarca la coordinación integral del traslado internacional, la gestión de importación aduanera y el resguardo físico, asegurando que la totalidad de los equipos queden puestos a salvo dentro del almacén habilitado en el sitio de obra.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Es responsabilidad absoluta e indelegable de la Empresa E.P.C. garantizar que todos los equipos adquiridos sean estrictamente acordes y cumplan a cabalidad con las especificaciones técnicas dictadas por el Proyecto Ejecutivo y la Ingeniería de Detalle. La E.P.C. asume el riesgo total de la logística de traslado internacional, importación y la custodia integral de los activos en el almacén de la obra. Conforme a las reglas del ecosistema, la contratista debe absorber el costo y riesgo de estas negociaciones de proveeduría, quedando estrictamente prohibido presentar solicitudes de sobrecosto o extensiones de tiempo por disrupciones logísticas operativas, paros de ejecución o conflictos de proveeduría imputables a su gestión. Cualquier omisión en la revisión de los alcances técnicos requeridos para el fincado de pedidos no la exime de su cumplimiento bajo el esquema de Precio Alzado.

4.05 INSTALCIONES, EQUIPOS MECANICOS, ELECTRICOS E INSTRUMENTACION.

- **Inversión Asignada:** **$30,000,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida comprende la logística y maniobras de traslado interno, la instalación mecánica, el montaje electromecánico, las canalizaciones eléctricas y la integración de toda la red de instrumentación de los equipos de la PTAR FIM, desde su resguardo en el almacén hasta su posición definitiva de operación. Su objetivo central es garantizar que toda la infraestructura, motores y tableros queden perfectamente interconectados y listos para operar bajo las capacidades y parámetros de diseño estipulados.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Bajo el principio de responsabilidad operativa única, consolidada e indivisible (*Single-Point Responsibility*), es obligación estricta e indelegable de la Empresa E.P.C. ejecutar y costear todas las instalaciones, asegurando el cumplimiento irrestricto de los protocolos de Salud Laboral (HSE) y Calidad de Construcción (QA/QC). Dado que los diagramas de conexión, pruebas de aislamiento y detalles de integración no se desglosan exhaustivamente en este presupuesto, es responsabilidad vinculante de la E.P.C. checar, revisar y acatar todas las ingenierías rectoras derivadas del Proyecto Ejecutivo. Cualquier omisión en la interpretación técnica no exime su cumplimiento bajo la modalidad de contrato a Precio Alzado (*Lump-Sum Turn-Key*); la E.P.C. asume el riesgo total de asegurar la funcionalidad armónica del sistema para lograr la validación de la Supervisión Externa.

4.06 PUESTA EN MARCHA INSTRUMENTACION Y CONTROL.

- **Inversión Asignada:** **$4,500,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida garantiza la ejecución integral de las pruebas de arranque, calibración de sensores, sintonización de lazos e integración de toda la red de instrumentación y automatización (*Commissioning*) de las unidades de proceso de la PTAR FIM. Su objetivo neurálgico es enlazar y validar la comunicación perfecta entre los equipos electromecánicos, los procesos de filtración avanzada y el sistema central de inteligencia operativa (SCADA), asegurando que la planta opere de manera autónoma, segura, continua y cumpliendo con los estrictos parámetros de diseño exigidos.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Bajo el principio ineludible de responsabilidad operativa única, consolidada e indivisible (*Single-Point Responsibility*), es obligación estricta de la Empresa E.P.C. ejecutar y costear todas las maniobras técnicas, pruebas en vacío, pruebas con carga y protocolos de estabilización del sistema de control. Dado que los diagramas de lazos, narrativas de control y protocolos de pruebas de aceptación en sitio (SAT) no se desglosan exhaustivamente en este presupuesto, es responsabilidad vinculante e irrenunciable de la E.P.C. checar, interpretar y dominar todas las especificaciones técnicas dictadas en el Proyecto Ejecutivo e Ingeniería de Detalle. Cualquier omisión en la interpretación de los alcances de automatización no exime su cumplimiento bajo la modalidad de contrato a Precio Alzado (*Lump-Sum Turn-Key*); la Empresa E.P.C. asume el riesgo constructivo y operativo total, estando obligada a entregar el sistema 100% funcional para que el Departamento de Calidad (QA/QC) y la Supervisión Externa dictaminen y autoricen la liberación de este hito.

4.07 EQUIPAMIENTO DE LABORATORIO Y TALLER.

- **Inversión Asignada:** **$1,500,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida presupuestal asegura la provisión, logística, instalación y calibración de todo el instrumental analítico, mobiliario técnico, refaccionamiento inicial, herramientas requeridas para habilitar integralmente el Laboratorio de Control de Calidad y el Taller de Mantenimiento de la PTAR FIM. El alcance operativo contempla desde el equipamiento especializado para el análisis fisicoquímico y microbiológico del efluente, hasta la dotación de maquinaria, bancos de trabajo y equipos de diagnóstico industrial necesarios para ejecutar el mantenimiento preventivo y correctivo de la planta de manera autónoma.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Bajo el principio ineludible de responsabilidad operativa única, consolidada e indivisible (*Single-Point Responsibility*), es obligación estricta de la Empresa E.P.C. revisar, cuantificar y acatar milimétricamente los listados de equipamiento, requerimientos de precisión analítica y especificaciones técnicas dictadas en el Proyecto Ejecutivo e Ingeniería de Detalle. Dado que las marcas, capacidades, instrumental de laboratorio y herramientas de taller no se desglosan exhaustivamente en este presupuesto, la Empresa E.P.C. asume integralmente el riesgo de su habilitación. Cualquier omisión o subestimación en la interpretación técnica no exime su cumplimiento bajo la estricta modalidad de contrato a Precio Alzado y Tiempo Determinado (*Lump-Sum Turn-Key*). La E.P.C. está obligada a entregar ambas áreas 100% equipadas, funcionales y en apego a las normas de Salud Laboral (HSE) y Calidad de Construcción (QA/QC) para que la Supervisión Externa dictamine y autorice la liberación de este hito.

4.08 VIALIDADES INTERNAS.

- **Inversión Asignada:** **$2,500,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida asegura la ejecución integral de todas las vialidades internas, patios de maniobras, andadores peatonales y áreas de estacionamiento dentro del polígono de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR FIM). El alcance operativo contempla los trabajos de terracerías, estabilización y compactación, conformación de bases, tendido de carpetas de rodamiento estructural (diseñadas para tránsito pesado), guarniciones, señalización vial y obras de drenaje pluvial superficial. Su objetivo es garantizar un tránsito seguro, logísticamente fluido y continuo para maquinaria, vehículos de mantenimiento y personal, conectando operativamente todos los edificios y unidades de proceso.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Bajo el principio ineludible de responsabilidad operativa única y consolidada, la Empresa E.P.C. funge como el ente garante frente al Fideicomiso Maestro y asume la totalidad del riesgo de ejecución constructiva. Dado que los detalles precisos de diseño de pavimentos, mecánicas de suelos, espesores, volumetrías y trazos topográficos no se desglosan exhaustivamente en este presupuesto, es obligación absoluta e indelegable de la Empresa E.P.C. revisar, interpretar y acatar milimétricamente todas las especificaciones de urbanización dictadas en el Proyecto Ejecutivo e Ingeniería de Detalle. Cualquier omisión en la interpretación técnica o subestimación de las cargas dinámicas vehiculares no exime su cumplimiento bajo la estricta modalidad de contrato Llave en Mano a Precio Alzado y Tiempo Determinado (*Lump-Sum Turn-Key*). La Empresa E.P.C. está obligada a entregar las vialidades terminadas y funcionales en estricto apego a las normativas de seguridad industrial (HSE) y del expediente forense de calidad (QA/QC), asumiendo bajo su propio costo cualquier remediación exigida por la Supervisión Externa antes de que se autorice la liberación de los fondos de este hito.

40.9 AREAS VERDES INTERNAS.

- **Inversión Asignada:** **$800,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida asegura la ejecución integral del proyecto de paisajismo, reforestación y habilitación de todas las áreas verdes y zonas de amortiguamiento ambiental dentro del polígono de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR FIM). El alcance operativo contempla la preparación de terracerías, suministro de sustrato, plantación de especies vegetales e instalación de los sistemas de riego necesarios. Su objetivo trasciende el aspecto estético, fungiendo como una medida clave para el control de polvos, la consolidación del entorno arquitectónico y el cumplimiento de los estándares internacionales de sostenibilidad exigidos por el ecosistema.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Bajo el mandato ineludible de responsabilidad operativa única, consolidada e indivisible (*Single-Point Responsibility*), la Empresa E.P.C. asume la totalidad del riesgo de ejecución constructiva y funge como el escudo corporativo del proyecto. Dado que las volumetrías topográficas, la paleta vegetal y los planos específicos de paisajismo no se desglosan exhaustivamente en este presupuesto, es obligación estricta e indelegable de la Empresa E.P.C. revisar, interpretar y acatar milimétricamente todas las especificaciones dictadas en el Proyecto Ejecutivo. Asimismo, la E.P.C. debe garantizar que la ejecución de estas áreas se alinee rigurosamente a las normativas de Salud Laboral (HSE) y a la matriz

de cumplimiento ESG, asegurando el apego al estándar internacional IFC PS6 (Biodiversidad). Cualquier omisión en la cuantificación o interpretación técnica no exime su cumplimiento bajo la estricta modalidad de contrato Llave en Mano a Precio Alzado y Tiempo Determinado (*Lump-Sum Turn-Key*). La Empresa E.P.C. está obligada a absorber bajo su propio costo cualquier desviación, debiendo entregar las áreas verdes completamente terminadas para que la Supervisión Externa avale la liberación de este hito.

4.10 EQUIPOS DE TRANSNPORTE DE LODOS PRENSADOS Y ELABORACION DE COMPOSTA.

- **Inversión Asignada:** **$2,000,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida estratégica asegura la provisión de maquinaria, logística e infraestructura operativa para el manejo integral y valorización de los lodos residuales. El alcance operativo contempla la carga y traslado del lodo deshidratado (prensado) mediante camiones hacia un polígono de compostaje designado. En esta área, se utilizará maquinaria de dimensiones precisas (moto conformadora compacta y retroexcavadora de apoyo) para extender el biosólido y mezclarlo homogéneamente con la totalidad de la materia vegetal proveniente de la poda de las áreas verdes del recinto fiscal. Con base en estudios técnicos, se determinará la periodicidad de los volteos mecánicos para garantizar la correcta descomposición aerobia y la creación de composta. Este producto final se destinará a la fertilización interna del ecosistema; el excedente será donado a los ejidos locales para el mejoramiento de sus tierras de cultivo, consolidando el pilar de impacto social y las buenas relaciones comunitarias. Es imperativo que el proceso de estabilización y aprovechamiento de los biosólidos cumpla rigurosamente con las pruebas de No Peligrosidad (CRIT) y la normativa NOM-004-SEMARNAT-2002.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Bajo el principio de responsabilidad operativa única, consolidada e indivisible (*Single-Point Responsibility*), es obligación estricta de la Empresa E.P.C. suministrar los equipos móviles idóneos (camiones de volteo, moto conformadora y retroexcavadora) y costear los estudios agronómicos que dicten los protocolos de mezcla y periodos de volteo de la composta. Dado que las especificaciones de potencia de la maquinaria y los detalles ingenieriles de la zona de compostaje no se desglosan exhaustivamente en este presupuesto, la Empresa E.P.C. asume integralmente el riesgo técnico y financiero de su dimensionamiento. Cualquier omisión en la interpretación de los alcances operativos o normativos no exime su cumplimiento bajo la modalidad de contrato a Precio Alzado y Tiempo Determinado (*Lump-Sum Turn-Key*). La E.P.C. debe garantizar que el manejo de

lodos y equipo móvil opere bajo los más estrictos lineamientos de Salud Laboral (HSE) y Calidad de Construcción (QA/QC), asumiendo bajo su propio costo cualquier corrección necesaria para que la Supervisión Externa dictamine y libere este hito.

4.11 SISTEMA DE VOZ, DATOS Y VIGILANCIA.

- **Inversión Asignada:** **$850,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida garantiza la provisión, canalización e instalación integral de toda la red de telecomunicaciones y seguridad electrónica del polígono. Considerando que la PTAR FIM se encuentra estratégicamente ubicada dentro del Recinto Fiscalizado Estratégico, se enfatiza como prioridad innegociable el tendido de fibra óptica y cableado estructurado para dotar y garantizar la transmisión ininterrumpida de voz y datos a lo largo de todo el sistema operativo y edificios de control de la planta. Asimismo, el alcance contempla el despliegue de un sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV) de alta definición equipado con analítica de Inteligencia Artificial y reconocimiento facial. Esta tecnología tiene el objetivo específico de generar una bitácora automatizada y auditable que permita verificar en tiempo real que los operadores están cumpliendo rigurosamente con sus rutinas de operación, maniobras y protocolos de limpieza, sumado al resguardo patrimonial del recinto.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Bajo el principio ineludible de responsabilidad operativa consolidada e indivisible (*Single-Point Responsibility*), es obligación de la Empresa E.P.C. ejecutar y costear todas las instalaciones de corrientes débiles, telecomunicaciones y seguridad electrónica. Dado que las especificaciones de los equipos activos, nodos de red, licencias de software de Inteligencia Artificial y topología exacta del CCTV no se detallan en este presupuesto, es responsabilidad de la E.P.C. revisar, interpretar y acatar las ingenierías derivadas del Proyecto Ejecutivo. La contratista asume integralmente el riesgo bajo la modalidad de contrato a Precio Alzado, debiendo entregar el sistema de voz, datos y vigilancia biométrica 100% operativo, calibrado y enlazado para su validación por parte del Departamento de Calidad (QA/QC) y la Supervisión Externa.

4.12 PRUEBAS, PUESTA EN MARCHA Y ESTABILIZACION.

- **Inversión Asignada:** **$1,200,000.00 MXN.**

- **Alcance General:** Esta partida garantiza la ejecución exhaustiva de los protocolos de pruebas en vacío y con carga, el arranque integral (*Commissioning*) y el periodo

de estabilización operativa de todas las unidades de proceso, trenes de tratamiento y sistemas electromecánicos de la PTAR FIM. Su objetivo neurálgico es calibrar, sincronizar y validar el comportamiento dinámico de la planta en su conjunto, asegurando que la calidad del agua tratada alcance los parámetros de diseño exigidos y que todo el ecosistema opere de manera armónica, continua y segura antes de su entrega definitiva.

- **Responsabilidad E.P.C.:** Partiendo de la premisa rectora de que la Empresa E.P.C. asume la responsabilidad total sobre todas las empresas tecnólogas operativas y es la única entidad facultada para emitir las garantías correspondientes, es su obligación ineludible coordinar, ejecutar y costear todas las maniobras, insumos, y personal especializado requeridos para esta fase crítica. Dado que los protocolos precisos de estabilización, dosificación y las métricas de aceptación no se desglosan en este presupuesto, es responsabilidad absoluta de la E.P.C. acatar a detalle todas las especificaciones del Proyecto Ejecutivo. La Empresa E.P.C. asume integralmente el riesgo operativo bajo el esquema de Precio Alzado, por lo que cualquier falla o falta de estabilización deberá ser subsanada bajo su propio costo. La Supervisión Externa tiene la instrucción estricta de bloquear los pagos y no liberar este hito ante cualquier desviación normativa (HSE) o técnica, hasta comprobar el funcionamiento óptimo de la infraestructura.

Anexo 1.- Tabla de CAPEX
Anexo 2.- Tabla de Calendarización de ejecución de CAPEX

Nota Aclaratoria sobre el Carácter Dinámico del Modelo. - El Modelo de Negocio Sustainable HUB – FIM y sus vertientes operativas (**RFE Responsable FIM, Agua Responsable FIM y Energía Responsable FIM**) son dinámicos por naturaleza y se adaptan de forma continua a:

a. Las reformas legislativas y normativas dictadas por las autoridades federales, estatales y municipales en México.

b. Los Estándares de Desempeño del IFC (Banco Mundial), BID Invest y los requerimientos de Bancabilidad de las instituciones financieras participantes.

c. Las resoluciones consensuadas por el Comité Técnico del Fideicomiso Maestro y la empresa promotora **HUB FIM**

S.A.P.I. de C.V.

d. Las especificaciones técnicas de calidad y volumen demandadas por las empresas consumidoras (fuente de pago del crédito).

Toda actualización mantendrá la trazabilidad pública y el estricto cumplimiento del Manifiesto de Transparencia Activa y del sistema ESG. Para consultar la versión vigente de los Términos y Condiciones, los interesados pueden acceder formalmente al portal: **www.aguaresponsablefim.com.mx**.

VERSION	FECHA ACTUALIZACION	DESCRIPCION DE CAMBIOS
1.0	03 SEPTIEMBRE 2026	Publicación Inicial del Documento en página Web.
2.0	14 SEPTIEMBRE 2026	Modificación de montos de CAPEX, se agrega el IVA y se agrega calendario de disposición de montos.
3.0	9 OCTUBRE 2026	Modificación de errores en documento en el sistema de energía emergente y formato.
3.1	12 OCTUBRE 2026	Se añade los alcances de los conceptos del Capex, así como la responsabilidad de la empresa EPC.

FIN DEL DOCUMENTO……