



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE QUÍMICA**

**PROPUESTA PARA ESTANDARIZAR EL PROCESO DE  
REALIZACIÓN DE DOCUMENTOS DE INGENIERÍA  
TOMANDO COMO EJEMPLO UNA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.**

**TESIS**  
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**  
**INGENIERA QUÍMICA**

**PRESENTA**  
**SALGADO HERRERA KARLA**

**DIRECTOR DE TESIS**  
**MTRO. EN ADMINISTRACIÓN, I.Q. MORALES CABRERA**  
**JUAN MARIO**



**CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, 2018**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:**           **PROFESOR: JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ**  
**VOCAL:**                   **PROFESOR: LETICIA LOZANO RÍOS**  
**SECRETARIO:**       **PROFESOR: JUAN MARIO MORALES CABRERA**  
**1ER. SUPLENTE:**   **PROFESOR: MARÍA RAFAELA GUTIÉRREZ LARA**  
**2DO. SUPLENTE:**   **PROFESOR: ALEJANDRA MENDOZA CAMPOS**

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

**BIBLIOTECA, FACULTAD DE QUÍMICA.**

**ASESOR DEL TEMA: MTRO. EN ADMINISTRACIÓN, I.Q. MORALES CABRERA**  
**JUAN MARIO**

**SUPERVISOR TÉCNICO (SI LO HAY): NO HAY.**

**SUSTENTANTE: SALGADO HERRERA KARLA**

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETIVOS.....	7
2.1. Hipótesis.....	8
3. DESARROLLO.....	9
3.1. ¿Qué es un proyecto de ingeniería? .....	9
3.1.1. Factores de un proyecto de ingeniería.	
3.1.2. Alcance.	
3.1.3. Estudio de viabilidad.	
3.1.4. Propuesta.	
3.1.5. Planeación.	
3.2. Administración de un proyecto.....	18
3.2.1. Ciclo de vida de un proyecto.	
3.2.2. Planeación.	
3.2.3. Programación.	
3.2.4. Control.	
3.2.5. Término o cierre.	
3.3. Ingeniería básica y sus documentos.....	30
3.3.1. Descripción de la etapa de ingeniería básica.	
3.3.2. Documentos elaborados en ingeniería básica.	
3.4. Ingeniería de detalle y sus documentos.....	40
3.4.1. Descripción de la etapa de ingeniería de detalle.	
3.4.2. Documentos finales en la ingeniería de Detalle.	
3.5 Aguas Residuales.....	48
3.5.1. Aguas residuales a lo largo de la historia.	
3.5.2. Definición de agua residual, causas y tipos.	

3.5.3. Parámetros de calidad del agua.	
3.5.4. Contaminantes en aguas residuales.	
3.6 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y su proceso.....	58
3.6.1. Tratamientos de aguas residuales.	
3.6.1.1. Tratamientos Primarios.	
3.6.1.2. Tratamiento Secundario.	
3.6.1.3. Tratamiento Terciario.	
3.7 Propuesta de clasificación y nomenclatura en PTAR.....	80
4. CONCLUSIÓN.....	91
4.1. Conclusión de la hipótesis.....	92
5. BIBLIOGRAFÍA.....	93
6. ANEXOS.....	97
6.1. Anexo 1: Planos de PTAR proyecto JM - 131.	
Base de datos.....	97
6.2. Anexo 2: Índice de figuras.....	113
6.3. Anexo 3: Índice de diagramas.....	114
6.4. Anexo 4: índice de tablas.....	114
6.5. Anexo 5: Índice de ecuaciones.....	115
6.6. Anexo 6: Índice de gráficas.....	115

# 1. INTRODUCCIÓN

Para realizar un proyecto de ingeniería, cual sea este, se necesita de las diferentes disciplinas de la ingeniería (civil, mecánica, etc.) debido a esto se explica la importancia de cada una de estas y se menciona los documentos necesarios para el proyecto, explicando el por qué son necesarios para el diseño, construcción y operación. Este proceso debe ser integral, debido a que cada una de las disciplinas es fundamental para el desarrollo del mismo.

Debido a la cantidad de documentos antes mencionados, la clasificación y nomenclatura debe ser clara y ordenada para la pronta y fácil localización (para su posterior uso) de los mismos. En cada proyecto de ingeniería se desarrollan las mismas etapas de administración, planeación, organización, dirección y control. Por consiguiente, también por la realización de todos y cada uno de los documentos solicitados por cada disciplina de ingeniería. Debido a esto se plantea la posibilidad de estructurar una clasificación que nos permita estandarizar documentos con el debido cuidado y responsabilidad. De esta forma volverlos a utilizar, haciéndole los ajustes pertinentes según el nuevo proyecto, y así tener una base de la cual partir, no partir de cero

Para ejemplificar se utilizará una planta de tratamiento de agua residual. Para el proyecto de la PTAR se necesitó realizar, entre ellos, plano unifilar (ing. Eléctrica), mecánica de suelos (ing. Civil), DFP (Proceso), además de lista de materiales, memorias de cálculo, especificaciones técnicas (para todas las disciplinas). Con esto se puede dar un esbozo rápido, pero puntual, de la cantidad de documentos necesarios, ¿qué pasaría si después de construir esa planta, se nos presenta otro proyecto para otra PTAR? ¿Se necesita empezar desde cero la realización de todos y cada uno de los documentos? Justo este es el punto importante de este trabajo escrito, poder dar y ejemplificar una propuesta para que con las modificaciones y especificaciones adecuadas se pueda reutilizar la ingeniería previamente hecha, no sólo en PTAR, también en proyectos de ingeniería en general que requieran de estandarización.

Esto es de mucha utilidad para empresas que realizan proyectos del mismo estilo, existen empresas que se dedican exclusivamente a realizar proyectos de la misma clase o área, por ejemplo, diseñar planta de tratamiento de agua, algunas de estas empresas son ASA-JET, Ingeniería Liquid Technologies de Monterrey y GAIA Ingeniería Ambiental. Estas empresas podrían reutilizar algunos de los documentos de proyectos anteriores, haciendo los ajustes y adaptaciones pertinentes al proyecto actual, de esta manera ganar tiempo, evitar retrabajo y por consiguiente dinero.

Un tema que se abordará de forma paralela a lo anterior, es el proceso de una planta de tratamiento de agua residual. Se explicaran las diferentes etapas de tratamiento (primario, secundario y terciario), equipos, materiales y tipos de contaminantes presentes en cada etapa de tratamiento. De la misma manera se mencionaran los documentos de ingeniería necesarios para la realización de este proyecto, para con ello, integrar la documentación de Ingeniería con el proceso de tratamiento de agua.

Cabe mencionar que los documentos mencionados son exclusivamente de ingeniería.

## **2. OBJETIVOS**

1. **Proposición.** Proponer un método de clasificación y nomenclatura de documentos de ingeniería, que facilite el proceso de administración de un proyecto. Para esto se tomará como ejemplo una planta de tratamiento de agua residual (PTAR).
2. **Integración.** Los proyectos de ingeniería pueden organizarse de diversas formas, es decir, para un proyecto de ingeniería, sea cual sea este, se requieren de varias áreas de la ingeniería, civil, mecánica, procesos, entre otras, lo importante aquí es definir la manera en que se realizarán las actividades de cada una de las áreas, por ejemplo puede que cada área trabaje sobre su parte del proyecto y realizar un chequeo cada determinado tiempo o puede ser de manera paralela, realizando chequeo cruzado (ingeniería concurrente), lo que le da mayor eficiencia y se pueden detectar errores más rápido. Si se trabaja con ingeniería concurrente (trabajar simultáneamente en su mayoría) se tiene mayores ventajas, esto por la facilidad y la rapidez de detectar errores y por el consecuente ahorro de tiempo. Punto importante a mencionar, es el avance tecnológico que se ha tenido, un ejemplo el trabajar con 3D, esto es de gran utilidad al momento de realizar chequeo cruzado y el trabajo en paralelo de las disciplinas. En este trabajo escrito se pretende demostrar la importancia de llevar a cabo este proceso de manera integral, en donde todas las disciplinas de la ingeniería, así como los documentos respectivos a cada una de ellas son fundamentales para el desarrollo satisfactorio de la otra y del proyecto en sí.
3. **Estandarización.** Dar a conocer una propuesta de nomenclatura y clasificación que se tiene para los documentos de ingeniería (cuando se requiere estandarizarla), así como el proceso para reutilizar dichos documentos en proyectos alternos y con esto demostrar que dicha

propuesta vuelve más eficiente el proceso de realización de documentos de ingeniería en los proyectos. Debido a que requiere estandarizar se plantea una codificación.

4. Extrapolación. Ejemplificar la propuesta hecha con un proyecto de una planta de tratamiento de agua residual y adaptar documentos realizados para esta, en otros proyectos, cuáles sean estos y de esta manera dar un ejemplo del funcionamiento adecuado de la propuesta.

## **2.1. HIPÓTESIS**

Proponer para un proyecto de ingeniería (en general) y tomando como ejemplo una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), su clasificación y nomenclatura, con la intención de estandarizar la elaboración de la ingeniería y con ello establecer una base para que, en la realización de proyectos futuros y repetitivos no se empiece de cero y su desarrollo sea ágil logrando ahorros significativos de tiempo y costo.

# **3. DESARROLLO**

## **CAPÍTULO 3.1**

### **¿QUÉ ES UN PROYECTO DE INGENIERÍA?**

“Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un principio y un final definidos.”<sup>3.1.1</sup>

“Conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de arquitectura o ingeniería”.<sup>3.1.2</sup>

“Un proyecto, es un conjunto autónomo de inversiones, actividades políticas y medidas institucionales o de otra índole, diseñado para lograr un objetivo específico de desarrollo en un período determinado, en una región geográfica delimitada y para un grupo predefinido de beneficiarios, que continúa produciendo bienes y/o prestando servicios tras la retirada del apoyo externo, y cuyos efectos perduran una vez finaliza su ejecución.”<sup>3.1.3</sup>

“Un proyecto es una empresa planificada que consiste en un conjunto de actividades interrelacionadas y coordinadas para alcanzar objetivos específicos dentro de los límites de un presupuesto y un periodo dados.”<sup>3.1.4</sup>

Esto es, un proyecto se puede definir también como una serie de tareas relacionadas y dependientes entre sí que se llevan a cabo para lograr un objetivo establecido, el cual tiene un principio y un fin.

En general pueden encontrarse en la literatura diversas definiciones de proyecto, aunque todas coinciden en los siguientes puntos, los cuales caracterizan lo que es un proyecto. El primero, se entiende como instrumento, medio o herramienta que se utiliza para llegar a un objetivo, el cual cubre ciertas necesidades. La o las

personas beneficiadas por dicho cumplimiento de objetivos, son puntos representativos del proyecto, así como lo son, el tiempo determinado y lugar establecido para que se lleve a cabo.

Como se menciona líneas arriba, una de las características de los proyectos es que son temporales, esto no se refiere a la duración del producto, servicio o resultado, más bien se refiere a la duración de la realización del proyecto, ya que estos son finitos. Esto se puede explicar mejor con el siguiente ejemplo, la construcción de una vía de transporte pública; el proyecto de construcción durará determinados meses, en cambio la vía de transporte durará ahí (sin pensar en desastres naturales o algún factor externo) varios años o décadas. El final de un proyecto llega cuando se logra el objetivo u objetivos planteados, cuando se sabe que no se alcanzará dicho objetivo(s) o cuando la necesidad que impulsó a la realización de este, ya no está presente.

En un proyecto pueden existir elementos repetitivos en alguna de las fases de la realización de dicho proyecto, pero cada proyecto genera un resultado diferente y único. Esto se refiere a la repetitividad que puede existir entre proyectos semejantes, es decir, proyectos que tengan objetivos o propósitos parecidos. Se puede tomar el caso de una empresa que hace cerveza, esta ya cuenta con su planta cervecera en el lugar A, debido a un aumento en el mercado deben aumentar la producción y por cuestiones de logística y transporte, deciden hacer otra planta en el lugar B; en este caso el proyecto tendrá elementos repetitivos como el tipo de equipos que se utilizarán para el proceso, debido a que se necesita realizar la misma cerveza con el mismo sabor y calidad en la planta ubicada en A que en la ubicada en B. Sin embargo, es probable que no se tenga el mismo tipo de terreno en A y en B, por lo que el tipo de cimientos cambiará, no se tenga el mismo espacio, por lo que la organización de espacios (área de proceso, almacén, comedor, zona de desembarque y embarque, etc.) será distinta en A y en B, entre otros aspectos. Debido a esto, es posible adaptar proyectos con objetivos y propósitos semejantes, siempre y cuando se realice los ajustes debidos a cada uno de los proyectos, como se mencionó al inicio de este párrafo, el resultado de cada proyecto es diferente.

Existen una infinidad de razones por las cuales se realiza un proyecto, los principales objetivos que se deseen alcanzar pueden ser los siguientes:

1. Obtener un producto, este puede ser parte de alguno más grande, la mejora de este o en si el mismo producto.
2. Dar un servicio, formación o mejora de cualquier empresa, negocio, institución, etc.
3. Estándares de calidad, mejorar procesos ya existentes.
4. Dar un resultado, justo eso, encontrar alguna conclusión o mejora para una problemática o asunto existente.

### **3.1.1. FACTORES DE UN PROYECTO DE INGENIERÍA**

Los proyectos tienen varios factores indispensables para que este se lleve a cabo de forma exitosa, son los siguientes:

1. Alcance: es el trabajo que se requiere realizar con los límites establecidos y la calidad que se requiere para que dicho proyecto se lleve a cabo.
2. Calidad: engloba normas, reglamentos, certificaciones necesarias y establecidas para alcanzar las expectativas definidas con anterioridad. Depende del proyecto, debe cumplir normas o reglas sanitarias, políticas, culturales, nacionales, dependiendo del propósito o propósitos del proyecto.
3. Tiempo: se refiere a un cronograma donde se establece fechas de inicio y termino de las actividades fundamentales del proyecto. Es de suma importancia que el programa se lleve a cabo al pie de la letra, cumpliendo con las fechas establecidas para de esta forma cumplir con las especificaciones de tiempo del proyecto en general.
4. Costo: es el monto monetario que se pagará por la realización del proyecto o por cada uno de los entregables. Se monetiza cada una de las actividades que se realizarán y recursos que se utilizarán, para de esta forma, llegar a la cantidad final y establecida para cada proyecto.

5. Recursos: son los elementos requeridos para realizar las actividades del proyecto. Estos pueden ser recursos humanos, maquinaria o equipos.
6. Riesgos: son particulares de cada proyecto, los cuales afectan negativamente a la evolución de este. Se pueden prevenir o enfrentar realizando un plan de administración y acción, el cual identifique y evalúe los posibles riesgos y la manera de actuar ante cada uno de ellos.
7. Satisfacción del Cliente: cumplimiento de las expectativas propuestas, mantener buena relación durante el desarrollo y al finalizar el proyecto con el cliente. Es importante involucrarlo durante el proceso de realización del proyecto, así, al alcanzar los objetivos establecidos el cliente se sentirá satisfecho por la realización de su proyecto, del cual fue parte activa.

### **3.1.2. ALCANCE.**

De los factores importantes para que el proyecto se logre realizar cumpliendo todos los objetivos en tiempo y forma, es el alcance, el cual es el punto de partida para pensar en alternativas, analizarlas y escoger la que mejor se adecue a los objetivos.

Por todo lo anterior es complicado definir el alcance de un proyecto. Una buena forma de delimitarlo es enlistar todos los elementos y tareas que se deben cumplir para llegar a los objetivos, es decir, “el alcance de un proyecto es lo que se debe de hacer; es todo el trabajo que se debe realizar para producir los entregables, para que cumplan con los requisitos o criterios de aceptación acordados al inicio del proyecto”<sup>3.1.2</sup>

Algunos de los conceptos importantes del alcance del proyecto son los siguientes:

- Requerimientos del cliente: Estos definen las características del producto, servicio o bien final junto con los entregables determinados del proyecto.
- Entregables: son los resultados que se proporcionan al cliente de forma parcial por parte del equipo de trabajo que esté desarrollando el proyecto. Es parcial debido a que se van entregando paulatinamente mostrando los

avances que se tengan, las fechas de entrega y el punto al que se llegue en cada entregable, así como el número de entregables, se define desde el principio del proyecto.

- Criterios de aceptación: el alcance debe ser medible, para esto se requiere de normas, códigos o medidas cuantitativas con las que podemos definir si se cumplió con el alcance establecido, hasta que parte o no se alcanzó.

Cada proyecto puede tener diferente forma de abordarlo, por lo tanto existen 5 dimensiones para determinar el alcance de un proyecto:

1. Alcance lógico: se realiza un análisis de los procesos más complejos de planificar y realizar, con esto se da prioridad y se establece la importancia de cada uno.
2. Alcance organizacional: esta parte esta relacionada con los intereses que se tenga en el proyecto y con la motivación para realizarlo.
3. Alcance de entregables: anteriormente se menciona que los entregables son de forma paulatina. Se define la cantidad, hasta que parte se cubrirá o resolverá en cada entregable y de qué forma.
4. Alcance temporal: el tiempo es factor muy importante en el proyecto, en esta parte se define calendario, fechas de inicio y termino en el transcurso del proyecto.
5. Alcance financiero: se requiere de cierto presupuesto para realizar el proyecto, aquí se define cuál es ese presupuesto y las condiciones del mismo, así como la forma de distribución del mismo.<sup>3.1.2.</sup>

Teniendo estos aspectos, se establece el tipo de alcance que se tendrá y sus características. Un punto importante es que con el transcurso del proyecto, conforme va avanzando el alcance se puede ir modificando, es decir, surgen agregados. Lo más importante de esto, es saber controlar el alcance hasta el final, con todo y los agregados.

### **3.1.3. ESTUDIO DE VIABILIDAD**

Se ha hablado de la realización del proyecto, pero, ¿ese proyecto es viable, conveniente o incluso es posible de realizar? Para todo esto, antes que se realice

el proyecto, este debe pasar por una fase de estudio de viabilidad. Para esta fase, se lleva a cabo todas las investigaciones, evaluaciones e informes requeridos para decidir si se realiza o no el proyecto.

Para realizar esta fase se toman en cuenta algunas consideraciones, teniendo principalmente tres vertientes, son las siguientes: técnica, económica y financiera.

Por lo anterior se requieren varios estudios que sean el soporte de cada aspecto del proyecto. Algunos de estos estudios se explican a continuación:

- Estudio de mercado: estudia la posibilidad de demanda que tiene o puede tener por parte de la comunidad o zona el producto, bien o servicio a desarrollar en el proyecto.
- Tamaño, proceso y tecnología que se utilizará en el proyecto: el tamaño va enfocado a la capacidad de producción que tendrá dicho proyecto, el proceso y tecnología van de la mano con el tamaño debido a que para producir cierta cantidad puede utilizarse cierto proceso y tecnología, pero si se aumenta o disminuye la cantidad de producción, el proceso y tecnología aplicable podría verse modificada.
- Localización e impacto ambiental: van de la mano, es indispensable encontrar un lugar que cuente con los recursos y medios necesarios de transporte, servicios generales, sin la necesidad de deteriorar al ambiente, cumpliendo las normas específicas y teniendo planes alternos para evitar daño al ambiente.
- Estimación de costos e inversión: este estudio debe ser lo más exacto posible, tiene dos puntos importantes, el primero es la inversión o capital que se requerirá en la construcción o para realizarlo. El segundo punto es lo que se utilizará después de que se realice, en la parte de funcionamiento de instalaciones, esto es el capital de trabajo o capital circulante.

### 3.1.4. PROPUESTA.

Ahora, una vez que se identificó un proyecto, se realizó el análisis de viabilidad, se debe presentar y demostrar al cliente de alguna forma que se tiene la capacidad suficiente para realizar dicho proyecto de forma correcta, esto es presentar una propuesta con los documentos necesarios para justificar la capacidad que se tiene. La propuesta se puede dividir en tres secciones:

1. Sección técnica: en esta parte se describe el tipo y la forma en la que se realizará el trabajo requerido, se debe explicar de forma adecuada la capacidad que se tiene para realizarlo de forma correcta.
2. Sección administrativa: en esta parte se explican los recursos que se utilizarán y la forma en que se organizarán y destinarán para su correcto uso.
3. Sección económica: en esta sección se explica el monto monetario que tendrá las actividades a realizar para llevar a cabo el proyecto y los términos de estas.

El siguiente es un diagrama donde se muestra las secciones de una propuesta.

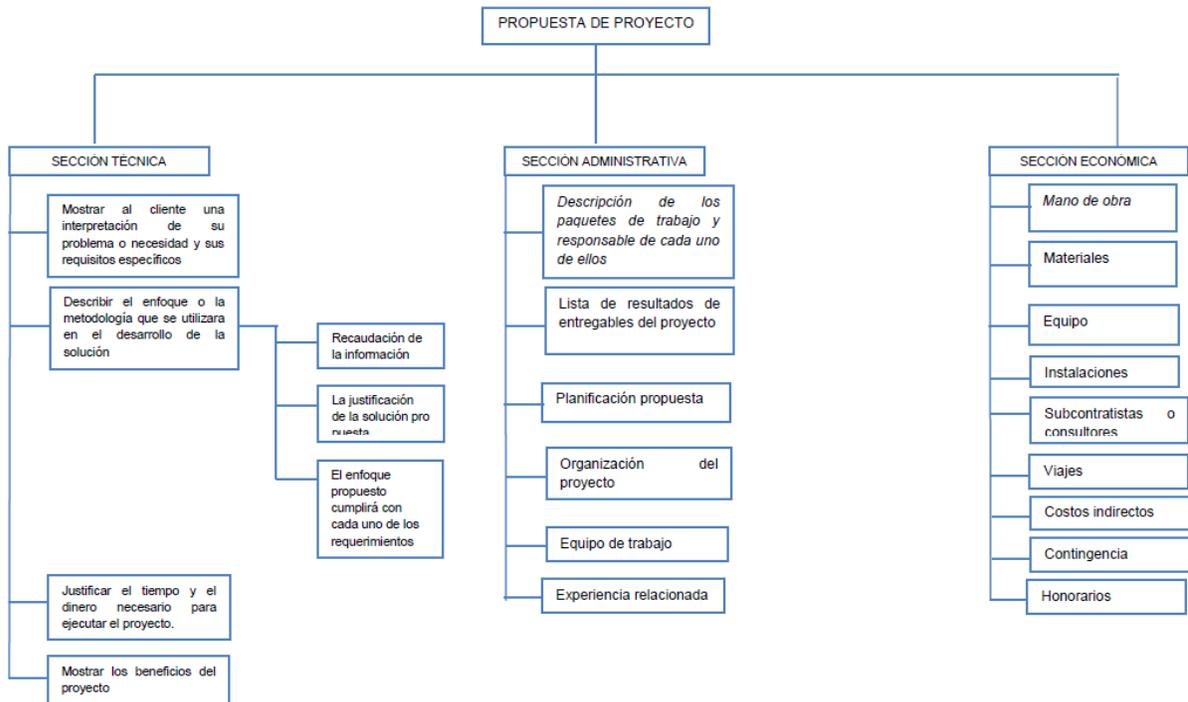


Diagrama 3.1.1. Diagrama de fases de una propuesta.<sup>3.1.2.</sup>

### **3.1.5. PLANEACIÓN.**

“Planear es el conjunto de actividades que tienen por finalidad conocer un problema, proponer y evaluar diversas soluciones o alternativas y decidir cuál es la solución más conveniente”.<sup>3.1.2</sup>

Esto se refiere a que la planeación es la recopilación de información que se estudiará para conocer el problema o necesidad a solucionar para posteriormente ofrecer diversas soluciones, definiendo programación a seguir, costos y proceso que se llevará a cabo. De estas propuestas se elegirá la que optimice de mejor forma en forma general la solución de la necesidad o problema.

En esta etapa se analizan, organizan y dan tiempo de duración de todas las actividades a realizar. Así como la distribución y optimización de costos para cubrir con el presupuesto y calidad establecidos.

Un proyecto se debe planificar por los siguientes cuatro motivos:

1. Reducir incertidumbre.
2. Mejorar eficiencia.
3. Llegar y superar objetivos (de costo, tiempo, alcance o calidad).
4. Establecer las medidas o límites para el control posterior.

## **BILBIOGRAFÍA:**

- 3.1.1. Project Management Institute. (5ta. edition). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide). Newtown Square, Pa: Project Management Institute.
- 3.1.2. Serna Ojeda Hilda (2014), "METODOLOGIA DE LA ADMINISTRACION DE PROYECTOS APLICADOS EN LA INGENIERIA CIVIL" (Tesis de pregrado), Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil, Xalapa Enríquez Veracruz.
- 3.1.3. Instituto Universitario de desarrollo y Cooperación Universidad. Complutense de Madrid (1998), "Metodología de la evaluación de la cooperación española". OPE- SECIPI, Madrid. MAE-SECIPI.
- 3.1.4. Cohen, E. y Franco R. (1997), "Evaluación de proyectos sociales". Cuarta edición. Siglo XXI Editores, S.A. de C.V., México.
- 3.1.5. Rase, H.F. y Barrow, M.H. (1988), "Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso", Compañía Editorial Continental, S.A. México.

## **CAPÍTULO 3.2**

### **ADMINISTRACIÓN DE UN PROYECTO**

“La administración de proyectos no se trata nada más de dividir las áreas de trabajo, esperar y confiar a que se logren los resultados; es una herramienta para el manejo de las interrelaciones que existen en una organización, que si se usa correctamente bajo condiciones adecuadas se conseguirá que la organización logre sus metas principales.”<sup>3.2.2.</sup>

La administración de proyectos se puede definir como el proceso de planeación, organización, coordinación, dirección y control de recursos para lograr el objetivo. Esto se refiere a lograr acoplar y coordinar todos los aspectos que definen o caracterizan cierto proyecto para llevar al objetivo del mismo.

Existen diversos tipos de documentos que se realizan en todas las disciplinas de ingeniería dentro de la administración del proyecto, los cuales son planos, hojas de datos, especificaciones, lista de materiales, memorias de cálculo y volumen de obra. Para este trabajo escrito, sólo nos referiremos a los planos, aunque la intención es demostrar que se puede extrapolar a los otros documentos.

Para llevar a cabo el proceso de administración de proyectos se requiere de una serie de pasos para el desarrollo de todas las actividades necesarias, todas estas con ciertas limitaciones, la más notoria, el tiempo, debido a que todo proyecto tiene un principio y un fin, por lo tanto el proceso de administración de este, también tiene un principio y fin.

El principio fundamental u objetivo principal en la administración de proyectos es establecer un plan de línea base, este plan establecerá la ruta o pasos a seguir para llegar al objetivo predeterminado bajo las condiciones acordadas en tiempo, presupuesto y alcance. Los pasos principales a seguir para llegar al objetivo cumpliendo todas las especificaciones son los siguientes:

- Definir claramente todos los objetivos a alcanzar.
- Definir el alcance del proyecto.

- Definir las actividades a realizar por área e importancia.
- Realizar gráficas de actividades definiendo importancia y secuencia.
- Asignar un tiempo establecido y razonable para cada actividad.
- Realizar estimado de costos de cada actividad.

El último punto es muy importante, el tiempo asignado a cada actividad debe asignarse de forma consiente y cumplirse según el plan de línea base.

Una vez establecido este plan de línea base, se debe poner en práctica y seguirse al pie de la letra, de lo contrario no se puede garantizar el cumplimiento de los objetivos con las especificaciones planteadas originalmente.

Todos los proyectos con llevan consigo riesgos asociados, estos deben ser definidos y analizados. Estos riesgos se definen por dos elementos:

- La probabilidad de resultados adversos.
- Costo de este resultado adverso.

En contraparte al riesgo se encuentra el beneficio de tomarlo, es decir, tomar riesgos da la pauta para reorganizar, o restablecer nuevos objetivos o mejoras en lo ya establecido. En términos generales, entre mayor sea el riesgo mayor será el beneficio, lo importante es manejar ese riesgo y llegar a los objetivos.

### **3.2.1. CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO.**

Se habló de inicio y fin del proyecto, esto es el ciclo de vida del mismo, tiene 4 etapas:

1. Formulación y selección: en esta etapa se define el problema, la necesidad a cubrir o la oportunidad de mejora. Esto da la como resultado ciertas propuestas provenientes del equipo de trabajo encargado de llevar a cabo dicho proyecto. Se define el alcance y el impacto que tendrá.

2. Planeación: en esta etapa se da el desarrollo de una solución o alternativa para el problema, necesidad u oportunidad. Aquí se definen las tareas que se realizarán, así como los recursos necesarios para cada uno de ellas. Existen tareas o actividades que pueden ser subcontratadas o realizar licitaciones para la realización de dichas tareas.

Se plantea un pronóstico base, el cual sirve como punto de partida, comparación y evaluación. Se analizan las alternativas con sus respectivos factores positivos, factores en contra, presupuesto requerido y características técnicas requeridas.

3. Programación y control: en esta parte del ciclo de vida del proyecto se pone en práctica lo que se analizó, estudio y eligió como solución o camino para llegar al cumplimiento de los objetivos planteados. En esta parte se utilizan los recursos asignados a cada actividad.
4. Terminación del proyecto: esta parte es donde se entrega a los usuarios. Para esta actividad se realizan actividades de cierre como firmas de todas las entregas hechas y pago de facturas. Dentro de las actividades de cierre, se realiza la evolución del proyecto, si cumplió en tiempo y forma los objetivos planteados y presupuesto.

Cada fase debe concluir con algunos sucesos concretos, puede que la ejecución del proyecto sea la de mayor grado de complejidad. Es importante estar atentos al traslape de las etapas.

Existen diferentes proyectos y por lo tanto ciclos de vida de los mismos, en las siguientes imágenes se muestran dos diferentes ciclos de vida de proyectos.

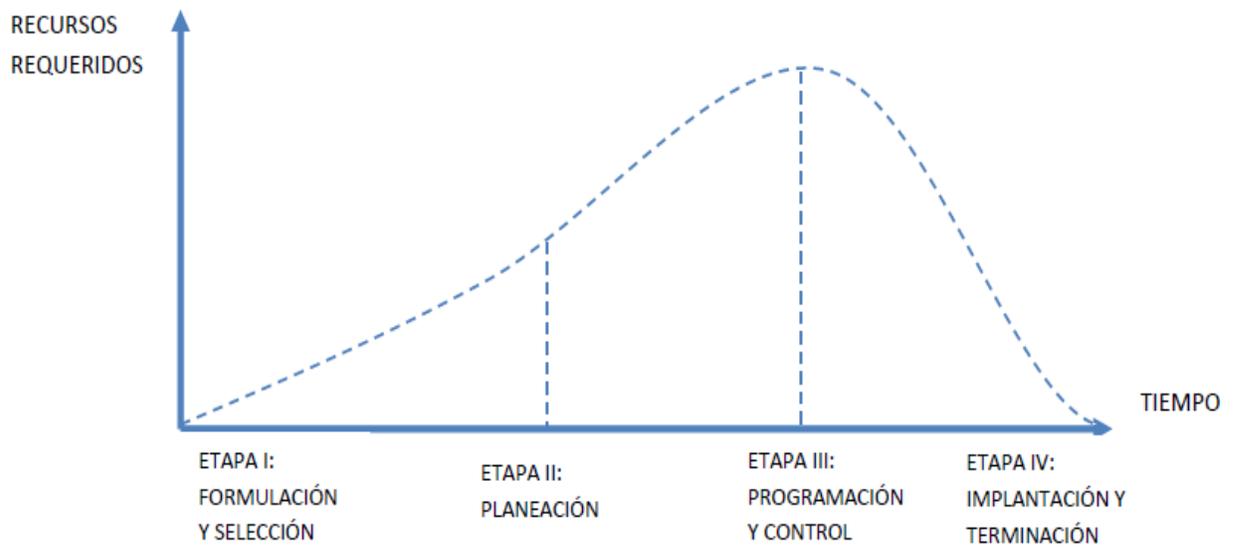


Figura 3.2.1 Ejemplo 1 de ciclo de vida de un proyecto.<sup>3.2.2</sup>

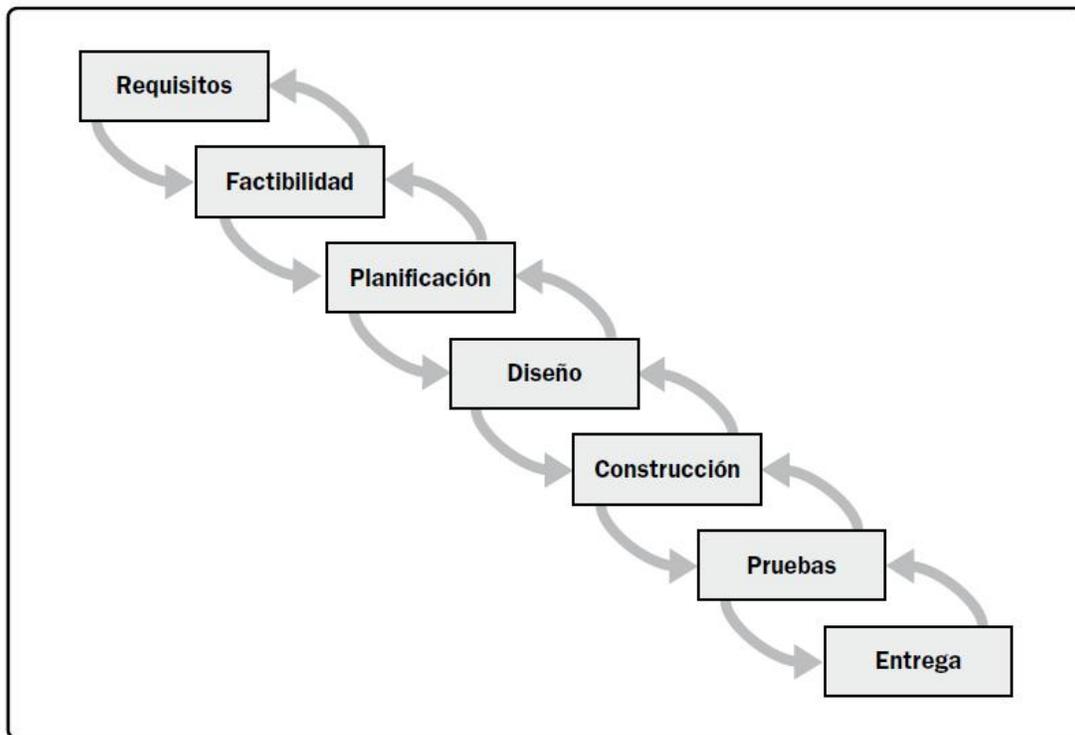


Figura 3.2.2. Ejemplo 2 de ciclo de vida de un proyecto.<sup>3.2.1</sup>

### **3.2.2. PLANEACIÓN.**

En la administración de un proyecto es de suma importancia la planeación, debido a que en esta etapa es donde se selecciona recursos, métodos, procesos que se utilizarán posteriormente.

“Planear es el conjunto de actividades que tienen por finalidad conocer un problema, proponer y evaluar diversas soluciones o alternativas y decidir cuál es la solución más conveniente.”<sup>3.2.2.</sup> Esto se refiere a la investigación y recopilación de toda la información necesaria para el proyecto, buscar dar una solución que cubra las especificaciones y esté dentro del presupuesto. De estas alternativas, se seleccionará la que cumpla de manera más óptima con todos los lineamientos establecidos.

Un proyecto se debe planificar por los siguientes cuatro motivos:

1. Reducir incertidumbre.
2. Mejorar eficiencia.
3. Llegar y superar objetivos.
4. Establecer las medidas o límites para el control posterior.
5. Retroalimentación, con esta se puede analizar los puntos favorables y de los que se pueden tener oportunidad de crecimiento.

Establecer los objetivos es fundamental para tener una buena planeación, esto se puede realizar haciendo y respondiendo estas preguntas:

- ¿Quién lo hará?
- ¿Qué medios auxiliares necesita el equipo?
- ¿Cuánto costará?
- ¿Cómo se hará?<sup>3.2.5.</sup>

En la figura 3.2.3. se puede apreciar el proceso de planeación para un proyecto de ingeniería civil.

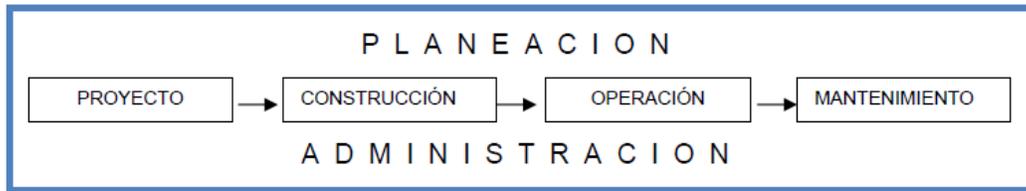


Figura 3.2.3. Proceso de Planeación.<sup>3.2.6.</sup>

Parte de la planeación es tener o hacer una estructura de trabajo, esto es una división jerárquica tomando como base los entregables y objetivos del proyecto, es decir, el alcance del proyecto, esta es una de las razones fundamentales por la que definir de manera adecuada el alcance. Este dicta lo que se debe hacer para llegar a cumplir los objetivos y la estructura de división de trabajo define la manera en que se producirá el proyecto.

La elaboración de la estructura de división del trabajo es el conjunto de tareas independientes que forman parte del proyecto, con la finalidad de hacer más fácil el cálculo de tiempo y costos, la asignación de recursos y el control.

La estructura de división de trabajo se subdivide en paquetes de trabajo, los cuales contiene elementos individuales y colectivos. Es necesario que la estructura de división de trabajo se divida de tal forma que cada elemento pueda ser comprendido, medido y controlado.

Según el tamaño y grado de dificultad de proyecto es el número de niveles de su estructura de división del trabajo.

Para agrupar un conjunto de actividades en un paquete de trabajo se puede pensar en que debe cumplir las siguientes características:

- Las características del conjunto de actividades debe permitir y facilitar la administración de estas.
- Se debe tener una estimación de tiempo y presupuesto para este conjunto de actividades.
- Tener un líder o encargado que sea responsable del paquete de actividades.
- Es necesario que tenga documentos, productos, etcétera en común.

Ya que se tiene los paquetes de trabajo es indispensable marcar objetivos particulares, es decir, un alcance para cada paquete de trabajo, así como destinar un presupuesto para cada paquete de trabajo.

Existen técnicas de planificación, las cuales se encargan de estructurar las tareas que deben realizarse para el proyecto, definiendo el tiempo que tardarán y el orden en que se realizarán. En cambio las técnicas de programación se encargan del cambio del plan de proyecto al calendario real del proyecto, tomando en cuenta los recursos con los que se cuenta, costes, tiempo y cantidad de trabajo.

### **3.2.3. PROGRAMACIÓN**

Para realizar la programación se necesitan llevar a cabo las etapas mostradas en la tabla 3.2.1.

<b>Programación</b>	
<b>Determinación de las tareas necesarias</b>	Se debe tener un contenido respectivamente homogéneo, lo que implica la utilización de una tecnología determinada para su ejecución.
<b>Asignación de recursos y plazos de ejecución</b>	El tiempo de duración de cada actividad, se debe de traducir en las fechas de calendario, para esto se debe tener en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fechas de comienzo y terminación asignadas a cada paquete de trabajo.</li> <li>Recursos disponibles</li> <li>Relaciones de dependencias entre diferentes actividades.</li> </ul>
<b>Dependencias secuenciales entre cada actividad</b>	La mayoría de las dependencias son intrínsecas al proyecto, aunque a veces se pueden originar por limitaciones en los recursos disponibles, o por otras razones intrínsecas
<b>Definición de un modelo de red</b>	La integración de la planeación y la programación, se define en un modelo de red que agrupa las características principales

Tabla 3.2.1. Etapas básicas de programación.<sup>3.2.3.</sup>

De esto, resultará un modelo de red, el cual servirá para tener el proyecto de forma visible y analizarlo con mayor profundidad, de esta forma se pueden obtener algunas alternativas en ejecución de algunas actividades.

La intención de la programación es llegar a tener un cronograma de las actividades, que muestre fechas de inicio y término de cada actividad, tomando como base las fechas de inicio y término del proyecto. Cada actividad debe ser guiada para terminar cumpliendo con las especificaciones del proyecto.

Existen varias técnicas o estrategias para programar, el diagrama de Gantt es uno de los más antiguos, aunque aún se utiliza debido a su fácil realización e interpretación.

La realización de este diagrama, como se comentó arriba, es en términos generales, sencillo. Se hace la lista de las actividades, se coloca la escala de tiempo y se va marcando el periodo de duración de cada actividad, se puede hacer consecución de actividades o condicionales de inicio con respecto a otra actividad, agregar responsable, entre otras cosas.

Este diagrama puede mostrar la ruta crítica, lo que ayuda para ver importancia de actividades y los posibles retrasos en determinadas actividades por la afectación de otra.

### DIAGRAMA DE GANTT

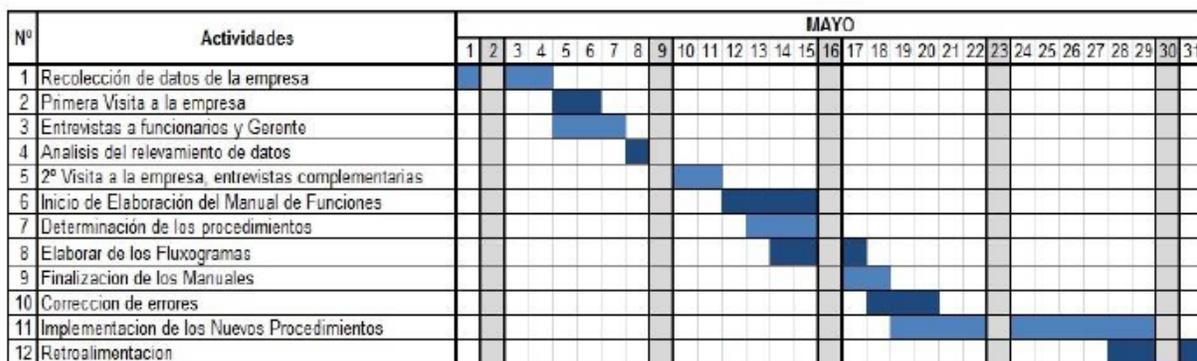


Diagrama 3.2.1. Ejemplo de diagrama de Gantt.

### **3.2.4. CONTROL**

Todos los proyectos requieren seguimiento, esto implica revisar con cautela, el avance físico y los cambios realizados o que se puedan realizar al programa. Implica comparar los resultados esperados, es decir planeados, con los reales, en caso que estos resultados no estén siendo los adecuados, implementar una solución de respuesta a la problemática para ajustar y corregir, continuando así, con el transcurso del proyecto sin mayor percance.

El control económico del proyecto se basa en controlar los costes y tiempo. El control se centra en dos etapas importantes, la programación y el presupuesto, cualquier desviación que se pudiera presentar, debe trabajarse para resolverse lo más pronto posible y evitar que el conflicto se complique.

En caso de que la problemática crezca, debe actuarse también sobre la planeación, incluso evaluar objetivos sin llegar a desviar el proyecto.

En cuanto a la comparación en avances físicos, se debe determinar la entrega periódica de reportes, en los que se debe tener información de fechas de término planeado y real, costos reales de las actividades, el avance que se ha tenido e información de cualquier cambio realizado a la programación por algún imprevisto.

Controlar el programa incluye 4 casos:

1. Análisis del programa para determinar las áreas que necesiten correcciones.
2. Tomar la decisión de acciones correctivas para las áreas afectadas.
3. Revisar el plan para introducir las acciones correctivas estudiadas.
4. Restablecer en el programa las actividades correctivas seleccionadas.

### **3.2.5. TERMINO O CIERRE**

La etapa final del proceso es el cierre del proyecto, en esta etapa ya se concluyeron los trabajos o actividades y el cliente da por aceptado el informe correspondiente. En esta etapa el contratista debe verificar si la obra cumple con las especificaciones mencionadas desde el principio.

Existen acciones referentes al cierre del proyecto, son las siguientes.

- Realizar los últimos pagos destinados al proyecto (cobros al cliente – entradas, ordenes de compra o contratos – salidas): se deben asegurar de tener todos los pagos establecidos, así como todos los requisitos requeridos para los niveles en general del proyecto.

- Evaluación del personal laboral: en esta etapa se debe evaluar el desempeño de todos los miembros del equipo, esto sirve para darse cuenta el área o áreas en que se debe trabajar más o esforzarse más.
- Evaluación del proyecto: se pueden realizar juntas para la evaluación del proyecto concluido, evaluar el desempeño e identificar oportunidades de crecimiento.
- Tomar en cuenta los aprendizajes adquiridos: la retroalimentación es de suma importancia para proyectos futuros y crecimiento de la empresa como tal.
- Organización de documentos del proyecto: los documentos generados pueden ser utilizados en el futuro para nuevos proyectos, por lo que es necesario que se organicen clasifiquen y archiven. Para tomarlos como referencia en el futuro.

Existen más objetivos del informe de cierre, como los siguientes:

- Detectar errores en el proceso de realización.
- Verificar la tendencia histórica en la parte administrativa de los proyectos, con respecto al responsable.
- Pensar en otras estrategias para entrar al mercado.

En cuanto a la documentación necesaria para este informe de cierre, son los siguientes:

- Balance de ingresos y gastos.
- Informe de situación final.
- Lista de documentos generados durante el proceso.
- Existen algunos otros pero estos dependen de las empresas involucradas y el tipo de proyecto que es.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

- 3.2.1. Project Management Institute. (5ta. edition). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide). Newtown Square, Pa: Project Management Institute.
- 3.2.2. Serna Ojeda Hilda, “METODOLOGIA DE LA ADMINISTRACION DE PROYECTOS APLICADOS EN LA INGENIERIA CIVIL” (Tesis de pregrado), Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil, Xalapa Enríquez Veracruz, (2014).
- 3.2.3. De Cos Castillo Manuel. Teoría General del Proyecto: Dirección de proyectos/ Project Management. España: Síntesis. ISBN: 84-7738-332-4.
- 3.2.4. Briceño L. Pedro (1996). Administración y Dirección de Proyectos. Chile: McGraw-Hill/Interamericana de Chile LTDA. ISBN: 956-278-008-2.
- 3.2.5. Martínez Montes German, Pellicer Armiñana Eugenio.(2007). Organización y Gestión de Proyectos y Obras. Madrid, España: McGraw-Hill. ISBN: 978-84-481-5641-1.
- 3.2.6. Piña G. F. Planeación para la Construcción de Obras. México
- 3.2.7. Domingo Ajenjo Alberto., (2003).Dirección y Gestión de Proyectos: Un Enfoque Práctico. Madrid, España: Alfa omega – Ra-Ma. ISBN: 84-7897-399-0

## **CAPÍTULO 3.3**

### **INGENIERÍA BÁSICA Y SUS DOCUMENTOS**

En la ingeniería básica se define los lineamientos generales e ideas básicas del proyecto. Estas ideas y definiciones del proyecto son los pilares en que se basará la ingeniería de detalle, para la ejecución de los documentos de ingeniería necesarios.

#### **3.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA DE INGENIERÍA BÁSICA.**

“La ingeniería básica, es la que indicará el proceso que se debe de cumplir para obtener la calidad del producto en todas sus fases, siendo este desarrollo de vital importancia.”<sup>3.3.2.</sup>

“La ingeniería básica de un proyecto es aquella que se refiere a saber cómo se elabora un producto.”<sup>3.3.3.</sup>

Para conseguir la información necesaria para realizar la ingeniería básica existen varias fuentes, dependiendo del tipo de proceso que se tenga:

1. Proceso de dominio público: en este tipo puede ser desarrollada por la empresa o esta, apoyarse en algún contratista de ingeniería.
2. Procesos protegidos por una patente: normalmente se recurre a licenciadores, estos son previamente seleccionados en la etapa de selección de proceso.
3. Procesos nuevos: se realiza una asociación de varios licenciadores con experiencia en desarrollo de procesos.

Para el desarrollo de la ingeniería básica, independientemente de las fuentes de información y proceso, se debe verificar el alcance para establecer las actividades que se deben realizar para llegar a cumplir en tiempo y calidad lo establecido, ya sea como producto terminado o como proceso de producción o diseño de una

planta de producción. Esta parte de revisión es de suma importancia para evitar retrasos en partes posteriores como ingeniería de detalle, procura o construcción, un error detectado y corregido en la etapa de ingeniería básica, ahorra una cantidad considerable en el presupuesto.

Como se mencionó en capítulos anteriores, el desarrollo de un proyecto de ingeniería requiere de varias áreas de la ingeniería (mecánica, civil, proceso, etc.). En la etapa de ingeniería básica no es la excepción, se requiere del chequeo cruzado para desarrollar de mejor forma esta etapa, algunas de las especialidades que intervienen en esta parte son:

- Especialidad en proceso.
- Especialidad en operación.
- Especialidad en instrumentación.
- Especialidad en sistemas.
- Especialidad en seguridad.

### **3.3.2. DOCUMENTOS ELABORADOS EN INGENIERÍA BÁSICA.**

Existen ciertos documentos necesarios que se realizan en la etapa de ingeniería básica, son los siguientes:

- Descripción detallada del proceso de la planta.
- Diagrama de bloques.
- Diagramas de flujo de proceso, estos incluyen los balances de materia, energía y condiciones de operación de cada etapa como temperatura, flujo y presión.
- Lista de equipos preliminar.
- Plano de localización general.
- Arreglo preliminar de los equipos.
- Manual de operación de la planta.
- Hojas de datos de los equipos.

- Arreglo de servicios auxiliares.
- Diagrama de tuberías e instrumentación.
- Lista de materiales y aditamentos especiales.

La ingeniería básica no es constructiva, con los documentos disponibles para esta etapa no se pueden construir ni montar los equipos. Esta documentación es suficiente para evaluar la obra y los trabajos de montaje, con suficiente aproximación para lograr una cotización válida.

Una vez que los resultados permiten la realización del proyecto se adquiere la ingeniería básica en su totalidad. Debido a que la repercusión en presupuesto que se tiene en esta etapa, es importante contar con cierta protección de una garantía en el consumo de productos y servicios.

Algunos ejemplos de los documentos que se elaboran en esta etapa son los siguientes:

1. Diagrama de Bloques:

Este tipo de diagramas está conformado únicamente por corrientes y bloques, siendo las corrientes líneas de flujo entre los bloques, indicando la dirección del flujo con cierta nomenclatura establecida. Los bloques son abstracciones de la unidad de proceso que realizan transformaciones entre las corrientes. No incluyen servicios auxiliares ni detalles constructivos.

## EJEMPLOS DE DIAGRAMAS DE BLOQUES (1)

- INICIO
- INTRODUCCIÓN
- DIAGRAMAS
- BLOQUES**
- 1 2
- PFD**
- CORRIENTES
- OP. BÁSICAS
- REACCIÓN
- SERV. AUX.
- ASIGNATURAS

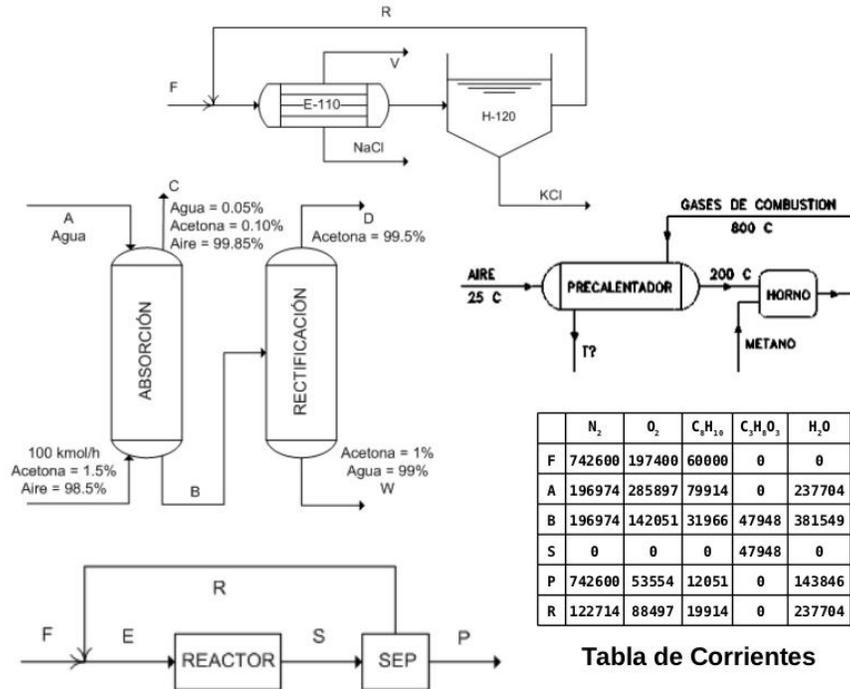


Figura 3.3.1. Ejemplo 1 de Diagrama de Bloques.<sup>3.3.7</sup>

Puede ir acompañado de una tabla de corrientes.

## EJEMPLOS DE DIAGRAMAS DE BLOQUES (2)

- INICIO
- INTRODUCCIÓN
- DIAGRAMAS
- BLOQUES**
- 1 2
- PFD**
- CORRIENTES
- OP. BÁSICAS
- REACCIÓN
- SERV. AUX.
- ASIGNATURAS

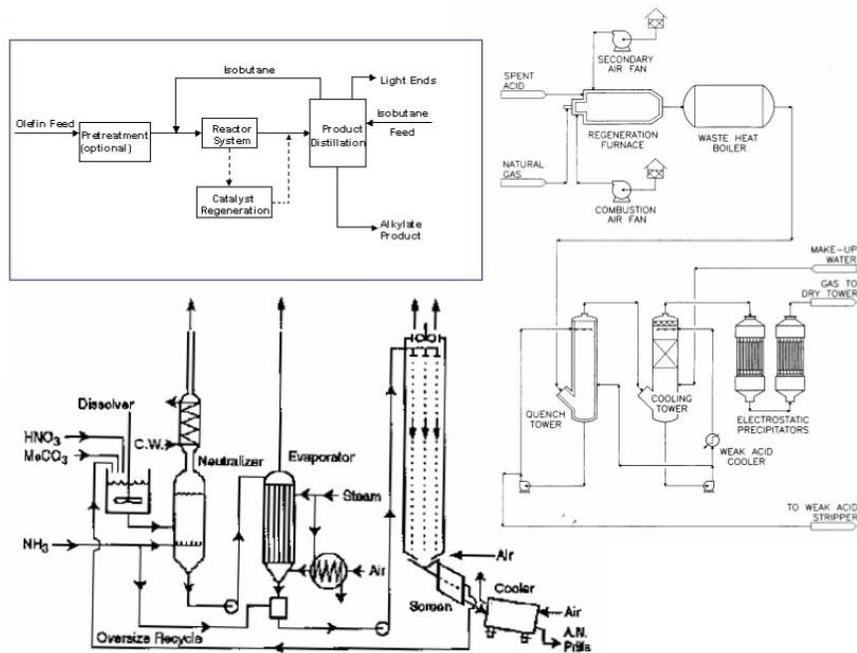


Figura 3.3.2. Ejemplo 2 de Diagrama de Bloques.<sup>3.3.7</sup>

Ambos diagramas muestran nomenclatura y organización diferente, como las corrientes, en el primero las corrientes están nombradas con letras, mientras que en la segunda no muestran nomenclatura específica para cada corriente, las de entrada son nombradas con el compuesto que transportan. En el primer ejemplo el diagrama de bloques está acompañado por una tabla de corrientes, esto es una tabla en la que se indica la corriente junto con la cantidad que tiene de cada elemento o compuesto presente en el proceso.

## 2. Diagrama de Flujo de Proceso (DFP):

El diagrama de flujo es la representación gráfica de un proceso. Cada paso o etapa del proceso se representa con un símbolo distinto, el cual contiene una descripción breve de dicho paso o etapa. Estos símbolos se unen con flechas, las cuales indican el sentido en que se lleva a cabo el proceso. Facilita la comprensión de las etapas, el flujo de las mismas, las ramas o vertientes de las mismas, así como repeticiones y el número de las mismas.

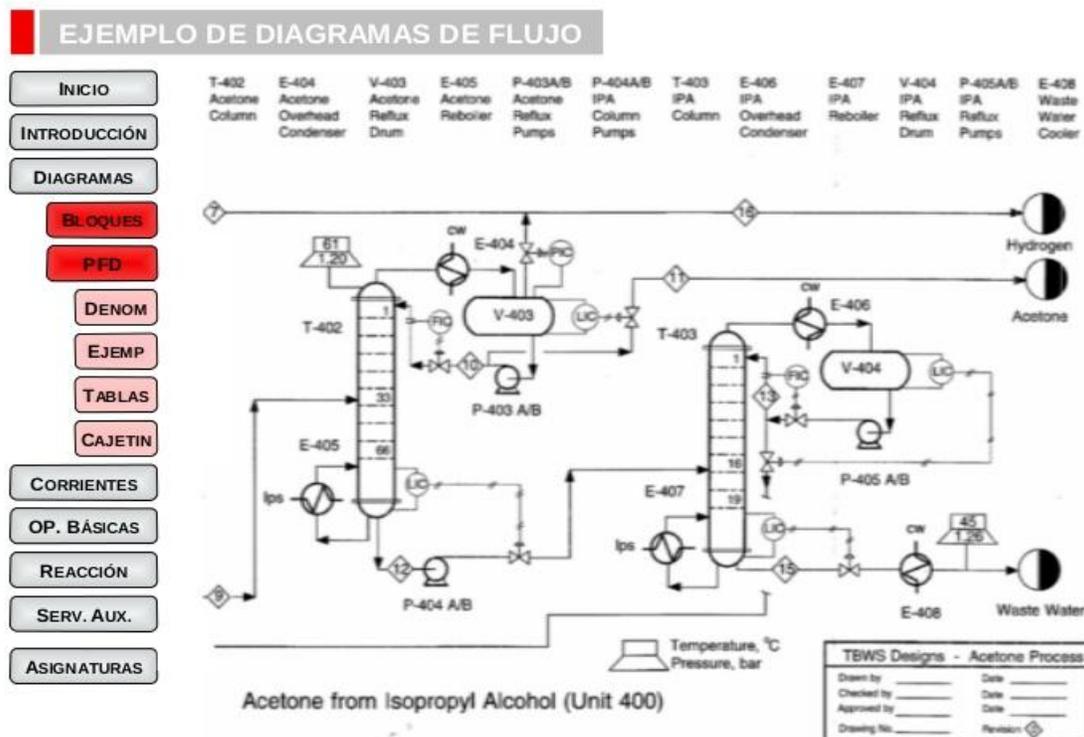


Figura 3.3.3. Ejemplo de Diagrama de Flujo de Proceso (DFP).<sup>3.3.7.</sup>

### 3. Balances de materia y energía:

Los balances de materia se realizan en todos los procesos químicos, se basa en la Ley de la conservación de la materia “La materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma”. El balance se debe hacer en masa o en mol, debido a que en volumen no se conserva por variaciones de las condiciones presentes en el proceso. Los términos generación y consumo tiene que ver con reacciones químicas, estas son particulares de cada etapa y proceso, el compuesto que se genera a causa de dicha reacción, el elemento o compuesto que se consume a causa de la reacción.

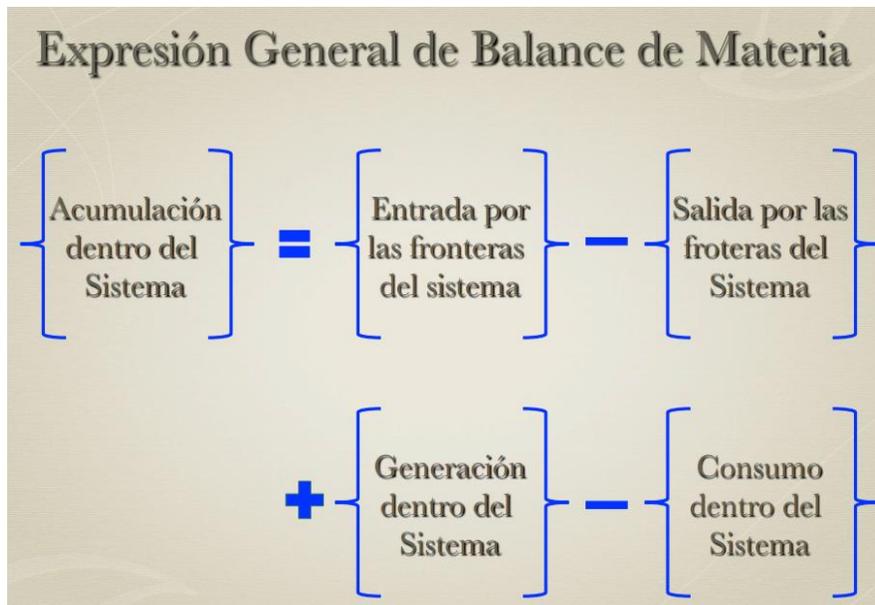


Figura 3.3.4. Expresión General de Balance de Materia.<sup>3.3.8.</sup>

Al igual que en el balance de materia, el balance energía tiene su razón fundamental en la Ley de la conservación de la energía “La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma” (Primera Ley de la Termodinámica). El principio del balance de energía es aplicado para determinar la cantidad de energía que se intercambia y acumula dentro del sistema. La velocidad en la que el calor se transmite, depende directamente de dos variables, la diferencia de temperatura entre los cuerpos (caliente y frío) y el área de contacto que se tenga disponible para dicho intercambio.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{acumulación de} \\ \text{energía dentro} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{transferencia de} \\ \text{energía al sistema a} \\ \text{través de su frontera} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{transferencia de energía} \\ \text{hacia fuera del sistema} \\ \text{a través de su frontera} \end{array} \right\} \\ + \left\{ \begin{array}{l} \text{generación de energía} \\ \text{dentro del sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{consumo de} \\ \text{energía dentro} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\}$$

Figura 3.3.5. Expresión General del Balance de Energía.<sup>3.3.8</sup>

#### 4. Lista y arreglo preliminar de equipo:

La lista de equipos contiene un resumen de todos los equipos requeridos en el proceso, cada equipo debe estar identificado con un número o clave. Se utiliza para verificar la evolución de las especificaciones requeridas, compras, entregas e instalaciones, en términos generales la utilidad de esta lista es llevar y mantener un control. La información sobre las características de los equipos se complementará conforme avance las etapas del proyecto, esto es, todas las características de cada equipo deben estar especificadas en la etapa de ingeniería de detalle.

El arreglo preliminar de equipos se general considerando el tipo y sentido que tendrá el proceso, se colocan los equipos dando seguimiento a las especificaciones. Características como dimensiones y requerimientos de servicios como alimentación eléctrica o neumática, se especifican en etapas posteriores para poder realizar los planos de construcción, entre otros planos.

#### 5. Hojas de datos generales de los equipos:

Son documentos indispensables en la adquisición de los equipos, ya que estas hojas contienen datos y características generales de cada uno de los equipos presentes en el proceso.

FICHA TECNICA DE EQUIPOS

Ciudad y fecha:	
Nombre de Cliente:	
Dirección y teléfono:	
Responsable Del equipo:	
Ubicación y dependencia del equipo:	

Características lógicas de la red	
Nombre del equipo:	
Grupo de Trabajo:	
Sistema Operativo:	
Versión:	
Dirección IP:	

Características Físicas del Equipo					Estado		
Dispositivo	Marca	Modelo	Número Serial	Característica	B	R	M
PC escritorio							
Board							
Procesador							
Disco duro							
Memoria							
Fuente de poder							
Tarjetas							
Audio							
Vídeo							
Modem							
Red							
Monitor							
Teclado							
Mouse							
Otros							

Figura 3.3.6. Ejemplo de hoja de datos de equipo.<sup>3.3.7</sup>

## 6. Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI)

Este tipo de diagramas son una ilustración esquemática que muestran las tuberías y los componentes relacionados del flujo de un proceso. La función principal de un DTI es ser la base para el mantenimiento y modificación del proceso para el cual fue diseñado; en la etapa de diseño, el diagrama sirve principalmente para el desarrollo de esquemas de control del sistema como análisis de riesgos y operatividad.

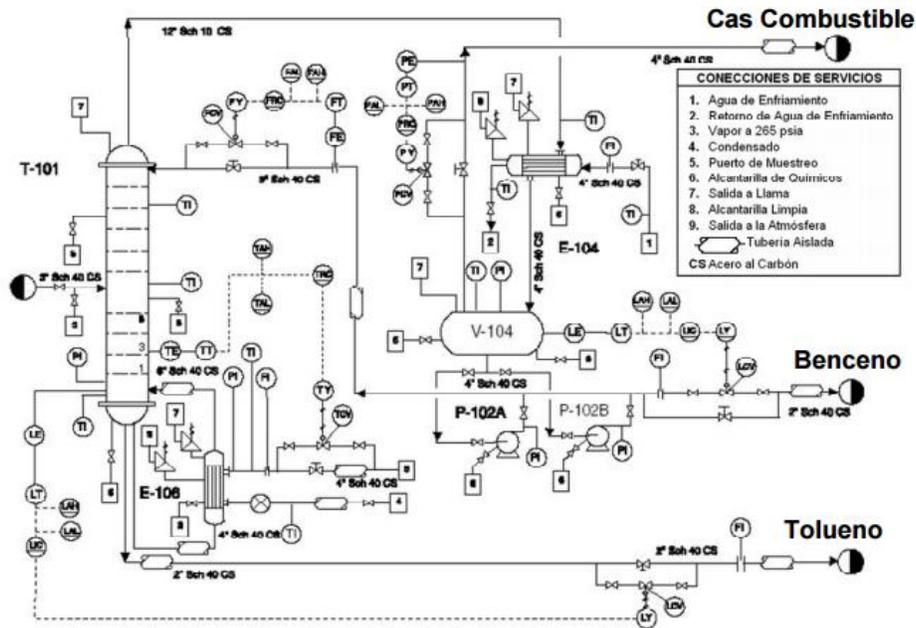


Figura 3.3.7. Diagrama de Tubería e Instrumentación.<sup>3.3.7</sup>

En la etapa de ingeniería básica se genera algunos otros documentos enlistados anteriormente de igual importancia que los ejemplificados. Todos estos documentos son de suma importancia para poder llevar a cabo las etapas posteriores, son tomados como base para el diseño de nuevos diagramas con mayores especificaciones y detalle en cada equipo o línea de proceso.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

- 3.3.1 Baasel, William, “Preliminary Chemical Engineering Plant Design”, New York, Elsevier, Publications, 1976.
- 3.3.2. Ray, M. S. & Sneesby, M. G., “CHEMICAL ENGINEERING DESIGN PROJECT”, Australia, Gordon and Breach Publication, 1998.
- 3.3.3. Torres Contreras Marco Antonio, “MODELO DE ADMINISTRACIÓN Y CONTROL PARA EL DESARROLLO DE INGENIERÍA EN PROYECTOS LLAVE EN MANO” (tesis para maestría), Instituto Tecnológico de la Construcción, México, D.F., 2001.
- 3.3.4. Lozano Ríos Leticia, “ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA”, Universidad Nacional Autónoma de México, División de Posgrado, Seminario de Administración de Proyectos UNAM-IMP.
- 3.3.5. Coulson & Richardson, “Chemical Engineering Design”, 3rd Edition, Oxford, Butterworth, 1999.
- 3.3.6. AITECO CONSULTORES, SL., Sociedad inscrita en el Registro Mercantil de Granada, C/Camino de Ronda, 101 – Edificio Atalaya. CP: 18003, GRANADA (España), Tomo 863, libro 0, folio 180, hoja: GR15189.
- 3.3.7. Monintx, “Procesos Quimicos”, Es.slideshare.net.  
URL: <https://es.slideshare.net/monintx/procesos-quimicos>
- 3.3.8. Amyd, UNAM, Facultad de Química, 2017.  
URL: <http://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id>

## **CAPÍTULO 3.4**

### **INGENIERÍA DE DETALLE Y SUS DOCUMENTOS**

La ingeniería de detalle es la etapa posterior a la ingeniería básica y los nuevos estudios de costos que se hayan derivado de esta. En esta etapa se desarrolla el proyecto teniendo como fin último la etapa de construcción, por lo tanto los detalles de planos o documentos deben permitir hacer el montaje final en terreno.

#### **3.4.1. DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA DE INGENIERÍA DE DETALLE.**

“La ingeniería de Detalle de un proyecto es aquella que sirve para definir como se construye una planta y las instalaciones auxiliares requeridas.”<sup>3.4.4.</sup>

Esta etapa, ingeniería de Detalle, incluye la definición de aspectos como:

- Características técnicas de los equipos que se utilizarán.
- Localización detallada de los equipos que se utilizarán.
- Cantidad definida de equipos que utilizarán.
- Conexión externa y alambrado de gabinetes de los equipos.
- Sistema de prevención de riesgos y seguridad.

El objetivo de la ingeniería de Detalle es obtener el diseño detallado de la instalación, necesario para proceder con la construcción. Algunos puntos y documentos fundamentales para esto son:

- Revisión y aceptación de la ingeniería básica.
- Diagramas de proceso.
- Planos de rutas de tuberías y cableado.
- Cálculo de los sistemas hidráulicos, mecánicos y eléctricos.

- Especificaciones de equipo y material, emisión de licitaciones, órdenes de compra de equipos y materiales.

Para el procedimiento de la etapa de la ingeniería de detalle es necesario realizar un programa de ejecución, el cual dictará los procedimientos a seguir de esta etapa y para etapas subsecuentes. Este programa servirá para tener control sobre esta y subsecuentes fases del proyecto.

La información requerida para la etapa de ingeniería de detalle es de suma importancia, por lo que es fundamental contar con ella de forma oportuna y que las fuentes sean seguras y confiables.

De esta etapa se parte para realizar los estimados finales y detallados del proyecto. Normalmente es multidisciplinario y como se comentó en capítulos anteriores, realizar ingeniería de forma transversal (chequeo cruzado) facilita la localización de errores y por lo tanto evitar re trabajo y alargar el tiempo de entrega.

### **3.4.2. DOCUMENTOS FINALES EN LA INGENIERÍA DE DETALLE.**

En esta etapa, ingeniería de detalle, se realizan y se debe tener integrado los siguientes documentos:

- Especificaciones de materiales.
- Especificaciones de equipos e instrumentos.
- Normas y códigos oficiales.
- Acomodo y distribución de áreas y equipos.
- Diagramas de proceso complementarios a los realizados en ingeniería básica.
- Planos de las diferentes áreas de ingeniería, civil, tuberías, eléctricos, instrumentación, entre otros.
- Lista de todos los materiales a utilizar.

Algunos ejemplos de los documentos mencionados anteriormente son los siguientes:

1. Especificaciones de materiales y equipo:

Este tipo de documento contiene mayor información de los materiales y equipos a utilizar, ya sea, durante la construcción del proyecto o en el proceso mismo, tiene datos como normas, requisitos generales, requisitos eléctricos, mecánicos, constructivos, dimensiones, entre otros. Puede contener notas teóricas o notas específicas en equipos o materiales necesarios para alguna sección en particular.

Centrifugal Pump Summary													
Item No.	No. of Units	Service	Liquid	Oper. Temp. °F	Sp. Gr. GPM		Avail. NPSH, Ft.	Discharge Press. PSIG	Speed RPM	BHP Pump	H. P. Driver	Driver Type	File Ref.
					Oper. Temp.	Oper. Temp.							

Vessel and Tank Summary																			
Item No.	Equipment	Type	Capacity		Thickness, ins.			Corrosion Allow. inches	Material		Pressure, psig			Temp. °F.		Code	Stamp	Reference Drawing No.	Notes
			OD	HT. or Ltrh.	Gallons	Shell	Head		Saddle Skirt Supp't	Shell & Heads	Saddle Skirt Supp't	Oper'n	Design	Test	Oper'n				

Figura 3.4.1. Ejemplo 1 de especificaciones técnicas de equipos.<sup>3.4.6</sup>

Muestra algunas de las características o datos que se deben conocer de dichos equipos.

## TECHNICAL SPECIFICATIONS

	STA Series	
Power source	201 to 270 VAC or 402 to 540 VAC, 50/60 Hz, single phase	
Control method	AVC	
Weld schedules	64	
Time settings	Squeeze delay	0 - 99 cycles
	Squeeze	0 - 99 cycles
	Upslope 1, 2	0 - 99 cycles
	Weld 1, 2	0 - 99 cycles
	Downslope 1, 2	0 - 99 cycles
	Cool	0 - 99 cycles
	Hold, Off	0 - 99 cycles
	Impulses	25
Heat settings	Heat 1	80 kA
	Heat 2	80 kA
Current monitor	High limit 100 - 150%, low limit 50 - 100%	
Conduction degree monitor	0 to 180°	
Current steppers	1 stepper per valve	
Valve outputs	4 standard valve driver outputs	
Modes	Chaining, Successive, Spot, Roll Spot, Seam, Repeat	

## WEIGHT & DIMENSIONS

	STA-100A	STA-200A*
Dimensions (L x W x H)	10 in x 10 in x 18 in (254 mm x 254 mm x 457 mm)	10 in x 25.4 in x 30 in (254 mm x 645 mm x 762 mm)
Weight	35 lb (16 kg)	134 lb (61 kg)

\*Custom sizes available.

## OPTIONAL FEATURES

Primary Current Control	Primary current control w/current transformer
Secondary Current Control	Secondary current control w/toroidal coil
Secondary Current Coils	MB-400K, MB-400L, MB-500-15, MB-800K, MB-800L
Multi-Valve Driver	8 additional valve outputs
Valve Power Supply	24 VAC
Power Transformers	50 VA (STA-100A only), 150 VA, 250 VA (500 VA available for STA-200)
Security Lock	Program lockout
SCR	300 A air cooled (STA-100A only)
	600 and 1200 A water cooled (1800 A available for STA-200)
Terminal Block	L2 terminal
Voltage Monitor Card	4-channel card for secondary voltage measurement
Force Output Card	8-channel 0-10V outputs for electronic pressure regulator
Force Input Card	Single channel card for differential pressure measurement (up to 8 channels)

Figura 3.4.2. Ejemplo de especificaciones técnicas de equipo.<sup>3.4.9</sup>

El formato al ejemplo anterior es diferente, aunque contiene los datos necesarios.

### INFORMACIÓN TÉCNICA

MODELO	712	1512	824	1524	1524/V	2024/V	3024/V	848	1548	2548	2548/V	5048/V	4120/V
<b>Especificaciones Eléctricas</b>													
Potencia Nominal a 20°C	700 VA	1500 VA	800 VA	1500 VA	1500 VA	2000 VA	3000 VA	800 VA	1500 VA	2500 VA	2500 VA	5000 VA	4000 VA
Tensión Nominal de Entrada	12 Vdc				24 Vdc				48 Vdc				120 Vdc
Rango Tensión de Entrada (Vdc)	10-16				20-32				40-64				100-160
Desconexión Automática Baja Tensión (Vdc)	10.8-11.6				21.9-23.2				43.8-46.4				108-116
Potencia Pico de Arranque	+300%												
Intensidad máxima de Pico de Arranque en DC	180 A	160 A	180 A	300 A	350 A	150 A	180 A	360 A	90 A				
Forma de Onda	Senoidal Pura												
Tensión Nominal de Salida	230 Vac o 110 Vac (según modelo)												
Rango Tensión de salida	± 7 %												
Frecuencia Nominal de Salida	60 Hz o 60Hz (según modelo)												
Rango Frecuencia de salida	± 0.1 Hz												
Distorsión Armónica Media	< 4 %												
Rendimiento Máximo	93 %												
Potencia en Régimen Constante	450 VA	1400 VA	500 VA	900 VA	1350 VA	1800 VA	2800 VA	600 VA	900 VA	1100 VA	2300 VA	4200 VA	3800 VA
Opción de tensión de salida 110V y 60Hz	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Sensibilidad para Arranque Automático	9 W												
Consumo aprox. en Vacío a tensión nominal generando AC.	0.70 A	0.80 A	0.35 A	0.39 A	0.65 A	0.85 A	0.15 A	0.25 A	0.30 A	0.88 A	0.30 A		
Consumo Medio en automático	70 mA	48 mA		60 mA		70 mA	32 mA	38 mA		90 mA	38 mA		
Consumo Mínimo en automático	47 mA	33 mA		33 mA		25 mA		25 mA		25 mA	25 mA		
Sistema de Aislamiento	Transformador toroidal según norma VDE-0550												
<b>Especificaciones Físicas</b>													
Formato (ver página siguiente)	A	B	A	B	A	B	A	B					
Sistema de Refrigeración (por convección)	Natural	Forzada	Natural	Forzada	Natural	Forzada							
Rango de Temperatura de Trabajo	-5 / +40 °C												
Humedad Relativa Máxima (sin condensación)	< 95%												
Dimensiones aprox. (en mm.)	425x250x195	675x330x233	425x250x195	675x330x233	425x250x195	675x330x233	425x250x195	675x330x233					
Peso (aprox.)	14 Kg	30 Kg	14 Kg	17 Kg	34 Kg	34 Kg	14 Kg	17 Kg	19 Kg	34 Kg	32 Kg		
Índice de protección	IP20												
Material envolvente	Chapa de Aluminio pintada con resina EPOXI en caliente												
Termineria	Acero Inox												

Características a tensión nominal, a 20°C de temperatura ambiente y a nivel del mar. Estos datos pueden estar sujetos a modificaciones sin previo aviso.

Figura 3.4.3. Ejemplo 3 de especificaciones técnicas de equipos. <sup>3.4.9</sup>

ESPECIFICACIÓN DE LOS MATERIALES								
NORMATIVIDAD			TIPO 1		TIPO 2		TIPO 3	
ENSAYO	NORM ASTM	Und	Tejido	No tejido	Tejido	No tejido	Tejido	No tejido
Resistencia grab (adherencia)	D4632	N	1400	900	1100	700	800	500
Resistencia en la costura	D4632	N	1260	810	990	630	720	450
Resistencia a ser rasgado	D4533	N	500	350	40	250	300	180
Resistencia al punzonamiento	D4833	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia al rompimiento	D3786	kPa	3500	1700	2700	1300	2100	950
Permitividad	D4991	1/sg	Según la aplicación a la que esté sometida la tela (ver tabla 2 para drenaje, tabla 3 para separación y tabla 4 para estabilización).					
Tamaño aparente de abertura	D4751	Mm						
estabilidad ante rayos ultravioleta	D4355	%						

Figura 3.4.4. Especificaciones técnicas de materiales. <sup>3.4.7</sup>

## 2. Normas y códigos oficiales:

Las normas y códigos establecen ciertas especificaciones y procedimientos para garantizar que los materiales, productos, métodos y servicios cumplan, tomando como referencia las características de seguridad, confiabilidad, calidad, entre otros.

Las normas técnicas es la forma de comunicaciones entre empresas, autoridades, usuarios y consumidores, contiene un lenguaje común para definir y establecer criterios, conceptos y objetivos. De igual forma cada país, región y proceso, en este caso, tratamiento de agua residual, tiene sus propias normas técnicas, por ejemplo para el tratamiento de agua residual existen diversas normas dependiendo del lugar, algunas son las siguientes:

- AWWA, American Water Works Association.<sup>3.4.10</sup>
- Secretaria de Salud, Normas técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario.<sup>3.4.11</sup>
- SEMARNAT, "Normas Oficiales Mexicanas, NOM".<sup>3.4.12</sup>

### 3. Diagramas de diferentes áreas de ingeniería:

Para esta etapa, los planos y diagramas muestran mayor información, cantidad de datos y especificaciones. Tomando en cuenta el avance tecnológico, pueden ser planos o diagramas en 3D, esto facilita la apreciación y notar algún tipo de error o inconveniente en la distribución de equipos, tubería, sistemas auxiliares, entre otras ventajas de utilizarlo.

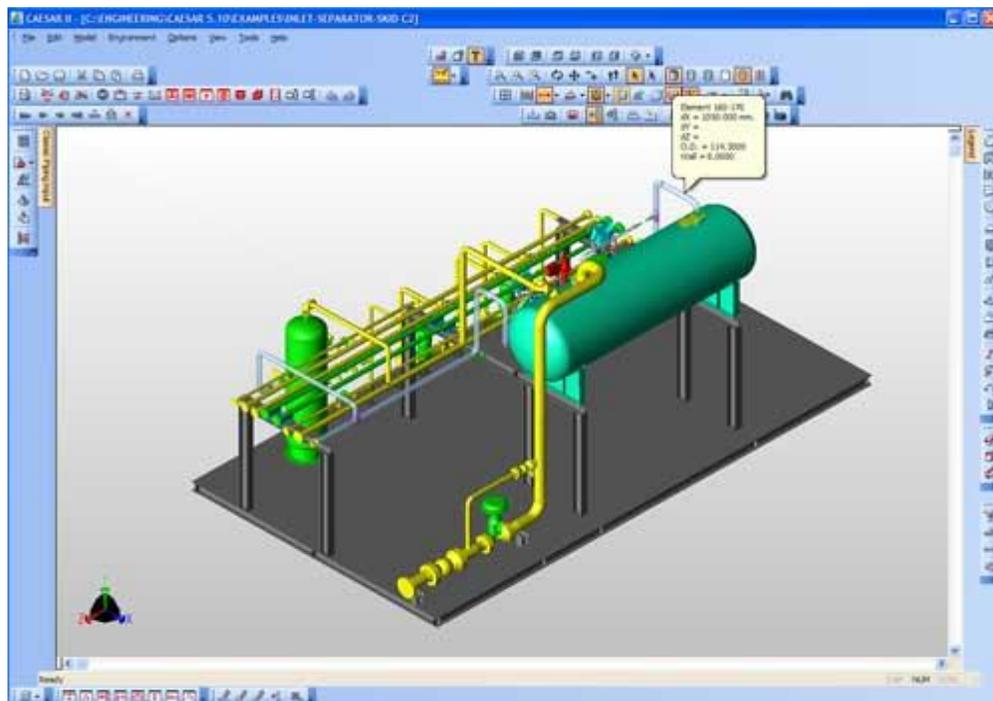


Figura 3.4.6. Ejemplo 1 de diseño en 3D.<sup>3.4.8</sup>



Figura 3.4.7. Ejemplo2 de diseño en 3D.<sup>3.4.8</sup>

Los documentos de los cuales se dieron ejemplo, son sólo algunos de los que se realizan en la etapa de ingeniería de detalle, como su nombre lo dice, estos documentos deben poseer mayor cantidad de información, características y especificaciones que las etapas anteriores.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

- 3.4.1 Baasel, William, "Preliminary Chemical Engineering Plant Design", New York, Elsevier, Publications, 1976.
- 3.4.2 Ray, M. S. & Sneesby, M. G., "CHEMICAL ENGINEERING DESIGN PROJECT", Australia, Gordon and Breach Publication, 1998.
- 3.4.3 Torres Contreras Marco Antonio, "MODELO DE ADMINISTRACIÓN Y CONTROL PARA EL DESARROLLO DE INGENIERÍA EN PROYECTOS LLAVE EN MANO" (tesis para maestría), Instituto Tecnológico de la Construcción, México, D.F., 2001.

- 3.4.4 Lozano Ríos Leticia, “ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA”, Universidad Nacional Autónoma de México, División de Posgrado, Seminario de Administración de Proyectos UNAM-IMP.
- 3.4.5 Coulson & Richardson, “Chemical Engineering Design”, 3rd Edition, Oxford, Butterworth, 1999.
- 3.4.6 Consul Steel, “Que es una Ingeniería de Detalle”.  
URL:<http://consulsteel.com/que-hacemos/que-es-una-ingenieria-de-detalle/>
- 3.4.7 Jorge Mírez, “Sala de Operaciones | Equipos y Máquinas en Establecimientos de Salud (Biomedical Engineering)”, Jmirezmedical.wordpress.com  
URL:<https://jmirezmedical.wordpress.com/category/sala-de-operaciones/>
- 3.4.8 YouTube “Diseño de Plantas con Autocad(Curso de alta Especialización profesional)”  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=vt3T40liAUc>
- 3.4.9. URL:[https://www.google.com.mx/search?q=especificaciones+tecnicas+de+equipo&dcr=0&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwqiqd2h26PZAhVO62MKHZoICl8Q\\_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=PNfwJlaCPWKmEM](https://www.google.com.mx/search?q=especificaciones+tecnicas+de+equipo&dcr=0&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwqiqd2h26PZAhVO62MKHZoICl8Q_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=PNfwJlaCPWKmEM)
- 3.4.10. American Water Works Association. URL: <https://www.awwa.org/>
- 3.4.11. Secretaría de Salud, “Normas técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado”, 1996. URL: <http://cesccoserna.net/Documentos/Reglamentos/NormasTecnicasDescargasAguasResiduales.pdf>
- 3.4.12. SEMARNAT, “Normas Oficiales Mexicanas”, 1996-97.URL: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAA-15-13.pdf>

## **CAPÍTULO 3.5**

### **AGUAS RESIDUALES.**

Una afirmación trascendental de la Organización Mundial de la Salud ha sido la manifestación de que “el goce del grado máximo de salud que se pueda lograr es uno de los derechos fundamentales de todo ser humano sin distinción de raza, religión, ideología política o condición económica y social”. Para la O.M.S. la salud es un “estado de completo bienestar físico, mental y social”, quedando fijado el nivel de salud por el grado de armonía que exista entre el hombre y el medio o recurso de vida.<sup>3.5.2</sup>

La contaminación de las aguas es uno de los factores importantes que rompe esa armonía entre el hombre y su medio ambiente, precisándose en consecuencia luchar contra ella para recuperar el equilibrio necesario.<sup>3.5.2</sup>

#### **3.5.1. AGUAS RESIDUALES A LO LARGO DE LA HISTORIA**

Con el estudio de la cultura de los hindús, en la Edad Antigua, entre 3,000 y 2,000 A.C., se descubre restos de casas con cuarto de baño, retrete y canalización de desagüe. Se observó que las aguas residuales discurrían a través de un canal de ladrillos colocado en el interior del muro y cuya salida evitaba salpicar a los peatones. En la calle circulaban por canales con profundidad entre 30 y 60cm y anchura de 23 a 46cm, los cuales conducían a canales más grandes, para evitar el rebose de estos canales se colocaron arquetas (depósitos) de gran tamaño.

En Egipto, se utilizaba un sistema de tornillo en las norias, descubrimiento que se le atribuye a Arquímedes (287 a 212 A.C.). Este sistema es empleado en el bombeo de aguas residuales brutas en la entrada de las actuales estaciones.

En el año 655 A.C., para vencer a los jebusitas (de acuerdo con la Biblia, los jebuseos eran una tribu cananea que habitaba la región de Jerusalén antes de su captura por el Rey David)<sup>3.5.6</sup>, el rey David se introdujo en Jerusalén por la

desembocadura de los canales de desagüe de las aguas negras y de lluvia, con el fin de capturar la ciudad sin derramar sangre. Después de entrar en la ciudad y convertirla en el centro de su reino, ordenó la aplicación de la antigua red, convirtiéndola en un sistema de alcantarillado separativo.

Este sistema funcionaba de la siguiente manera, el canal principal desembocaba en grandes lagos, ahí sedimentaban las materias en suspensión, posteriormente se utilizaban como abono; el agua de los lagos servía para riego de huertas.

Con el estudio del reino de los hititas en la antigua Grecia y del imperio Romano, se descubre la cantidad de canales de desagüe de aguas negras y de lluvia, así como de zonas de sedimentación.

En la actualidad la escasez de recursos de agua dulce, ya sea por su inexistencia o por ser inutilizable por estar contaminada, es un tema de suma importancia. Actualmente se está analizando la desalación del agua del mar como alternativa, pero el coste energético es sumamente elevado para cubrir consumo doméstico, agricultura e industria. Por lo que los sistemas de tratamiento de aguas residuales son realmente importantes.

### **3.5.2. DEFINICIÓN DE AGUA RESIDUAL, CAUSAS Y TIPOS**

“Un curso de agua se considera como contaminado o polucionado, cuando la composición o el estado de sus aguas son directa o indirectamente modificadas por la actividad del hombre, en una medida tal, que disminuye la facilidad de utilización para todos aquellos fines, o algunos de ellos, a los que podrían servir en estado natural.”<sup>3.5.2</sup>

“Llamamos aguas residuales a los líquidos procedentes de la actividad humana, que llevan en su composición gran parte de agua, y que generalmente son vertidos a cursos o a masas de agua continentales o marinas.”<sup>3.5.5</sup>

El crecimiento progresivo de los núcleos, el aumento de la densidad poblacional, las actividades artesanales y ganaderas, el cultivo intensivo para satisfacer la

demanda de la población y el desarrollo industrial, son las causas principales de la aportación de residuos que contaminan las aguas subterráneas, ríos, lagos y mares, de esta forma se destruye o transforma el equilibrio del ecosistema y la armonía entre el hombre y el medio ambiente.

Las cuatro fuentes principales de aguas residuales son: aguas domésticas o urbanas, aguas residuales industriales, escorrentías (cauce, caudal) de usos agrícolas y pluviales.

1. Aguas domésticas o urbanas: las aguas residuales urbanas poseen diversos tipos de contaminantes como sólidos totales, sólidos en suspensión, nitrógeno, amoníaco, fósforo, grasa, DBO<sub>5</sub> y DQO. Las causas de su origen son:
  - Excretas: contienen los residuos sólidos y líquidos que constituyen las heces humanas.
  - Residuos domésticos: proceden de la evacuación de los residuos y manipulaciones de cocinas, lavabos domésticos, detergentes sintéticos con espumantes y actividades generales de viviendas.
2. Aguas residuales industriales: proceden de cualquier actividad industrial en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de drenaje. Contienen gran cantidad de contaminantes como minerales, orgánicos, térmicos por el agua de refrigeración. Estas aguas se vierten a ríos o mares después de una depuración o tratamiento.
3. Escorrentías (cauce, caudal) de usos agrícolas: Las zonas utilizadas para la agricultura, por la composición del suelo, permiten el paso del agua de arrastre hacia los acuíferos, con la consecuencia de ser contaminados. Debido a que los acuíferos están próximos a la superficie, existe peligro de infiltración o fugas a través de tuberías en mal estado o conexiones en mal estado.
4. Pluviales: cuando cae la lluvia en la ciudad, arrastrará las partículas y fluidos presentes en la superficie como, hollín, cemento, esporas, polvo, hidrocarburos,

restos vegetales y animales, etc. Si la precipitación es en abundancia, el arrastre se efectuará hasta la red de evacuación provocando disolución de estos componentes.

Dependiendo del tipo de contaminación del agua o del origen del agua residual, es el efecto o efectos que puede causar. En la tabla 3.5.1, se muestran algunos de los efectos por los diversos tipos de contaminación.

Principales categorías de contaminación		Categorías generales de efectos causados			
		Daños a los recursos vivos	Peligros para la salud humana	Impedimentos para riego e industria	Reducción de los lugares de distracción
Desagüe de aguas residuales domésticas (incluyendo los desperdicios de la elaboración de alimentos)	Microbiana directa	—	xx	—	x
	Microbiana indirecta	—	xx	x	—
	Eutrofización y procesos afines	xx	x	x	xx
Productos de desecho industriales	Metales pesados	x	xx	x	—
	Petroquímicos	—	x	x	—
	Aceites, etc.	—	—	x	xx
	Desperdicios de la fabricación de pasta y papel	xx	—	—	x
	Plaguicidas	x	xx	—	—
	Detergentes	x	—	—	x
	Sustancias radiactivas	—	xx	x	—
	Calor	x	—	x	—
	Objetos sólidos	—	—	x	x
Materias extraídas en el dragado	x	—	x	—	
Actividad Agrícola	Abonos	x	x	—	—
	Pesticidas	x	xx	—	—

x Categoría general de efectos más frecuentemente asociados con esta clase de contaminación.  
 xx La categoría más importante de los efectos del tipo concreto de contaminación.

Tabla 3.5.1 Efecto de los distintos tipos de contaminación.<sup>3.5.2</sup>

### **3.5.3. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.**

Estos parámetros son utilizados para medir la calidad del agua, para los procesos de tratamiento se realizan mediciones de forma continua o discreta. Se pueden clasificar en cuatro grupos. Físicos, químicos, biológicos y radiológicos.

Algunos parámetros físicos son:

- Sabor y olor: son determinaciones organolépticas subjetivas, ya que no existe instrumento para su observación. Son importantes en el agua potable para consumo humano. Adquiere el sabor salado a partir de los 300ppm de  $\text{Cl}^-$ , salado-amargo mayor a 450ppm de  $\text{SO}_4^-$ , con el  $\text{CO}_2$  libre adquiere sabor picante y fenoles o compuestos orgánicos le dan un color y sabor desagradable.

- Color: es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible, por lo que no se puede atribuir algún compuesto presente exclusivamente, aunque algunos colores en agua natural es indicativo de contaminantes. El agua pura sólo es azulada, en general presenta colores por materiales orgánicos de suelos vegetales. Las medidas de color se realizan en laboratorio, comparando con un espectro estándar arbitrario a base de cloruro de cobalto ( $\text{Cl}_2\text{Co}$ ) y cloroplatinato de potasio ( $\text{Cl}_6\text{PtK}_2$ ) y se expresa en unidades Hazen o simplemente Pt.

- Turbidez: es la dificultad del agua para transmitir la luz a causa de materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos. La medición se realiza comparando la turbidez inducida por diversas sustancias. La medición más utilizada es en ppm de  $\text{SiO}_2$ . La turbidez se elimina por procesos de coagulación, decantación y filtración.

- Conductividad y resistividad: la conductividad eléctrica es la capacidad del agua para conducir electricidad, indica la materia ionizable total presente, el agua pura contribuye muy poco a la conductividad. La resistividad es la medida recíproca de la conductividad, se utiliza el conductímetro, su fundamento es la medida eléctrica de la resistencia de paso de la electricidad entre las dos caras opuestas de un prisma rectangular comparado con la de una solución de ClK a la misma temperatura (20 °C).

Los límites permisibles para algunos de estos parámetros físicos se pueden encontrar en la NOM-127-SSA1-1994 y son los siguientes:

- Color: 20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
- Olor y sabor: Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultados de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
- Turbidez: 5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

Algunos parámetros químicos son:

- pH: es la medida de concentración de iones hidrógeno, se define como  $\text{pH} = \log(1/[\text{H}^+])$ . La mayor parte del agua natural tiene pH de 6 a 8. Se mide con pHmetro o con tiras de color. Se neutraliza para corregirlo.

-Dureza: es la capacidad del agua de producir incrustaciones, esto debido a la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio. Es la principal causa de incrustaciones en calderas, tuberías, intercambiadores de calor, etc. La dureza se expresa en meq/l, en ppm de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , o en grados hidrométricos.

- Alcalinidad: es la medida de la capacidad para neutralizar ácidos, los iones bicarbonato ( $\text{CO}_3\text{H}^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^-$ ) y oxhidrilo ( $\text{OH}^-$ ), son los que contribuyen principalmente a la alcalinidad. Se corrige por decarbonatación con cal, tratamiento con ácido o desmineralización por intercambio iónico.

- Coloides: es la medida del material en suspensión en el agua, su tamaño es entre  $10^{-4}$  y  $10^{-5}$ mm. Pueden ser de origen orgánico o inorgánico. Requiere proceso de ultrafiltración, debido a que la filtración es insuficiente.

Los límites permisibles para algunos de estos parámetros químicos también se pueden encontrar en la NOM-127-SSA1-1994 y son los siguientes:

- pH: 6.5-8.5
- Dureza total (como  $\text{CaCO}_3$ ): 500.00mg/L.

### **3.5.4. CONTAMINANTES EN AGUAS RESIDUALES.**

Los contaminantes en aguas residuales son en su mayoría una mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos. Es poco práctico obtener un análisis completo de las aguas residuales, aunque se han desarrollado métodos empíricos para medir la concentración de los contaminantes.

Para contaminantes inorgánicos comúnmente se toman parámetro físico como sólidos totales, color y olor, explicados en la sección 3.5.3.

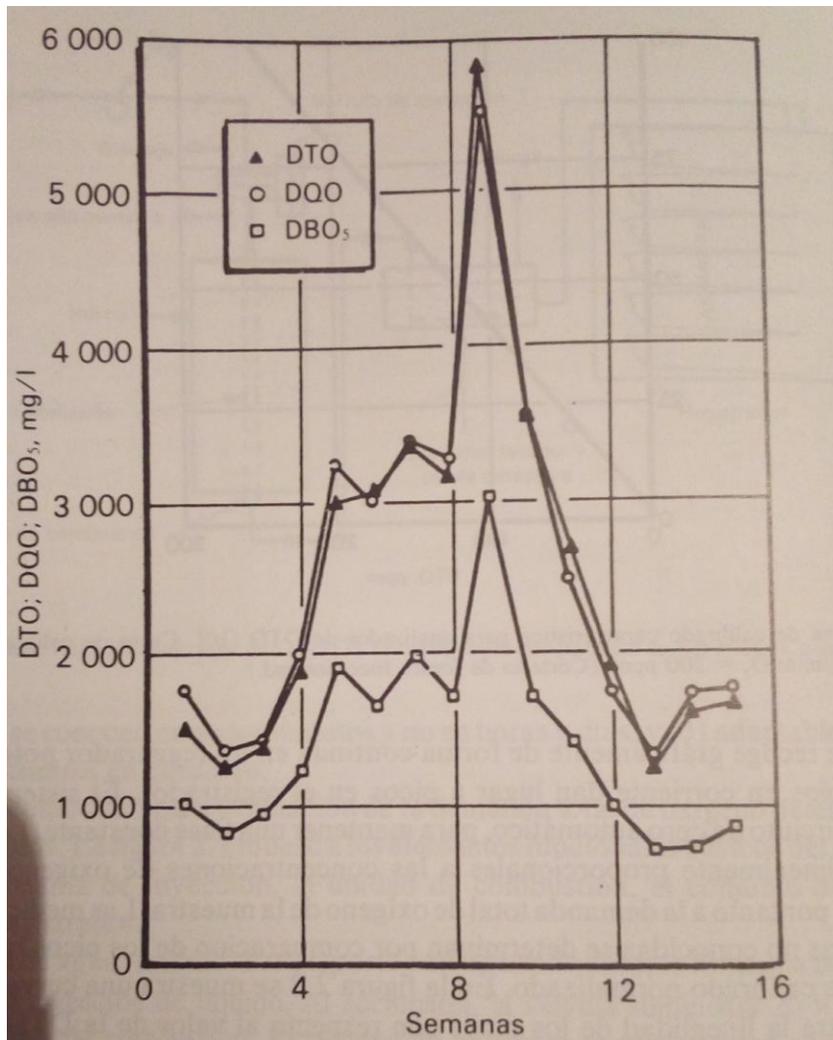
Ahora bien, para contaminantes orgánicos, existen dos grupos de métodos analíticos, los cuales son los siguientes:

- Grupo 1. Métodos de evaluación para la demanda de oxígeno:
  - Demanda teórica de oxígeno (DTeO) se refiere a la cantidad estequiométrica de oxígeno requerida para oxidar completamente un determinado compuesto, comúnmente se expresa en mg de oxígeno requerido por litro de solución, sólo se puede evaluar si se tiene un análisis químico completo del agua residual, lo cual, es poco recurrente y es poco recurrente.
  - Demanda química de oxígeno (DQO) es el volumen de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de una muestra susceptible de oxidación al dicromato o permanganato, en medio ácido. La oxidación que se realiza en un análisis de DQO no corresponde con la estequiométrica, dicho valor no será igual al valor de DTeO, los valores de DQO dan entre 80 y 85% el de DTeO.
  - Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es la medida de la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica biodegradable presente en aguas residuales, esto da resultado a la oxidación bioquímica aerobia.

La demanda de oxígeno de aguas residuales es resultado de tres tipos de materiales: orgánicos carbónicos, son fuente de alimentación de organismos aeróbicos; nitrógeno oxidable, por presencia de nitritos, amoníaco y compuestos nitrogenados que son alimento para bacterias específicas (nitrosomonas y nitrobacter); compuestos químicos reductores, ejemplo de estos son ión ferroso, sulfitos, sulfuros, los cuales se oxidan con oxígeno disuelto.

- Demanda total de oxígeno (DTO), debido a que calcular el DQO o DBO no nos dan la totalidad de demanda de oxígeno, se establecieron otros métodos analíticos más rápidos y significativos con los parámetros de control y vigilancia. Mide el total de oxígeno consumido basándose en las reacciones de oxidación del carbono, hidrógeno y nitrógeno.

Los resultados mostrados en la gráfica 3.5.1 son los valores de correlaciones entre DTO, DQO y DBO. La relación entre DTO, DQO y DBO dependen fundamentalmente de la composición del agua residual analizada y del tratamiento biológico al que se le sometió.



Gráfica 3.5.1. Análisis semanal de aguas residuales original.<sup>3.5.1</sup>

➤ Grupo 2. Métodos de evaluación para la demanda basados en carbono:

- Carbono orgánico total (COT) se basa en la oxidación del carbono de la materia orgánica a dióxido de carbono y determinación de CO<sub>2</sub> por absorción en hidróxido de potasio. La relación entre DQO o DBO y COT varían considerablemente de acuerdo con la relación teórica de las mismas.
- Carbono orgánico teórico (COTe) mide la demanda de carbono orgánico teórico presente en la muestra. La relación entre DTeO y COTe es correspondiente a la relación estequiométrica de oxígeno y

carbono para la oxidación total de los compuestos orgánicos en consideración.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

- 3.5.1. R. S. Ramalho, “Tratamiento de Aguas Residuales”, Faculty of Science and Engineering, Laval University, Quebec, Canada, editorial Reverté, S.A. de C.V., 1996.
- 3.5.2. Hernández Muñoz Aurelio, “Depuración de aguas residuales”, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, España, Paraninfo, S.A., 1990.
- 3.5.3. Rigola Lapeña Miguel, “Tratamiento de Aguas Industriales: Aguas de proceso y residuales”, Marcombo Boixareu Editores, S.A., 1989.
- 5.5.4. Nordell Eskel, “Tratamiento de agua para la industria y otros usos”, compañía Editorial Continental, S.A., 1963.
- 3.5.5. Seoáñez Clavo Mariano, Angulo Aguado Irene, “Aguas Residuales Urbanas, Tratamientos Naturales de bajo costo y aprovechamiento”, Mundi Prensa Libros, S.A., 1995.
- 3.5.6. URL: <http://chiwulltun.blogspot.mx/2008/08/jebusitas-o-jebuseos-dueos-de-la-tierra.html?view=mosaic>
- 3.5.7. URL: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>

## **CAPÍTULO 3.6**

### **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) Y SU PROCESO.**

La planta de tratamiento de aguas residuales es la instalación en la que se le elimina los contaminantes a las aguas residuales, con el fin de poder disponer de esta agua sin riesgos a la salud o medio ambiente, así como para utilizarla de reúso en la vida cotidiana, no incluyendo el consumo humano.

#### **3.6.1. TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES.**

Existen varios tipos de procesos a lo largo del tratamiento de aguas residuales. La selección del proceso de aguas residuales o serie de procesos adecuados, dependen de ciertos factores, algunos de estos son los siguientes:

- Características del agua residual: DBO, materia en suspensión, pH, compuestos tóxicos.
- Calidad del efluente de salida requerido.
- Coste y disponibilidad de terreno para realizar el proceso.
- Coste local del agua.
- Evaluación de posible crecimiento en el proceso o tecnología en el futuro.
- Calidad deseada del efluente.

##### **3.6.1.1. Tratamientos Primarios.**

Los tratamientos primarios implican la reducción de sólidos en suspensión o el acomodo de las aguas residuales para su descarga en receptores o pasar a un tratamiento secundario. Los tipos fundamentales de tratamientos primarios son:

- **Cribado:** también llamado desbrozo, se utiliza para reducir los sólidos en suspensión de diversos tamaños. El tamaño de la abertura de la rejilla

depende del tamaño de material a eliminar. La materia sólida recogida se divide en finos y gruesos, se lleva a incineración, proceso de digestión anaerobia o directo al vertedero.

Las rejillas para los sólidos finos son de aberturas de máximo 5mm, son de malla o placa de acero, estas pueden utilizarse en lugar de tanques de sedimentación. El porcentaje de eliminación de sólidos en suspensión con rejillas es de 5 a 25% y por sedimentación es de 40 a 60%, por esto y por el problema ocasionado por el atasco en la rejilla, el uso para sólidos finos no es muy viable.

Las cribas o rejillas para gruesos son de abertura entre 4 y 9cm. Su objetivo primordial es evitar el paso de grandes sólidos que puedan dañan bombas u otros equipos. En ocasiones se utilizan trituradores en lugar de cribas para gruesos, los sólidos se rompen y son eliminados por sedimentación.

- **Sedimentación:** se utiliza para separar sólidos en suspensión. Se basa en la diferencia de peso específico entre los cuerpos sólidos y el líquido en que se encuentran. Tomando en cuenta la naturaleza de los sólidos suspendidos presentes, se pueden considerar tres procesos de sedimentación:
- Sedimentación discreta, las partículas que se depositan conservan sus propiedades físicas, es decir, no pasan por un proceso de coalescencia con otras partículas. Un ejemplo es, partículas de arena depositadas en los desarenadores.
  - Sedimentación con floculación, la aglomeración de las partículas va acompañada de variaciones en la densidad y en la velocidad de sedimentación. Un ejemplo es la sedimentación que se realiza en los clarificadores o sedimentadores primarios.
  - Sedimentación por zonas, se forma una especie de capa que sedimenta como una masa total, dando como resultado una interfase

distinta con la fase del agua. Un ejemplo es la sedimentación de lodos activados en los clarificadores secundarios.

El modelo seleccionado para un sedimentador es de sección rectangular, consistente de cuatro zonas, mostradas en la figura 3.6.1.

- Zona de entrada, puede considerarse flujo laminar.
- Zona de sedimentación, al final de esta zona, la partícula deja de estar en suspensión.
- Zona de salida, el agua residual pasa por aquí antes de un tratamiento posterior.
- Zona de lodos, designada para retirar los lodos.

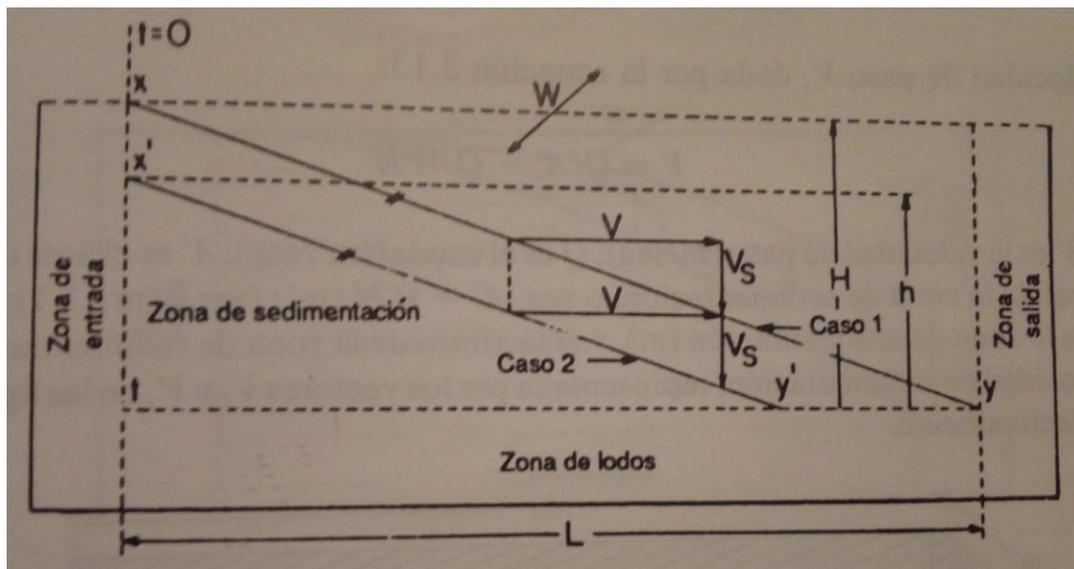


Figura 3.6.1. Modelo de tanque de sedimentación discreta.<sup>3.6.1</sup>

La velocidad de sedimentación se ve afectada por el tamaño de partículas y tipo de sedimentación que se realice. Este factor es de suma importancia para el diseño de los sedimentadores.

Velocidad de paso  $V$ , se expresa en la ecuación 3.6.1, en la cual  $V$  es la velocidad de paso (m/s);  $Q$  es el caudal ( $m^3/s$ ) y  $A'$  es el área de la sección vertical de la zona de sedimentación,  $A' = WH$  ( $m^2$ ), se puede ver en la figura 3.6.2.

$$V = Q/A' = \frac{Q}{WH} \quad \text{Ecuación 3.6.1}^{3.6.1}$$

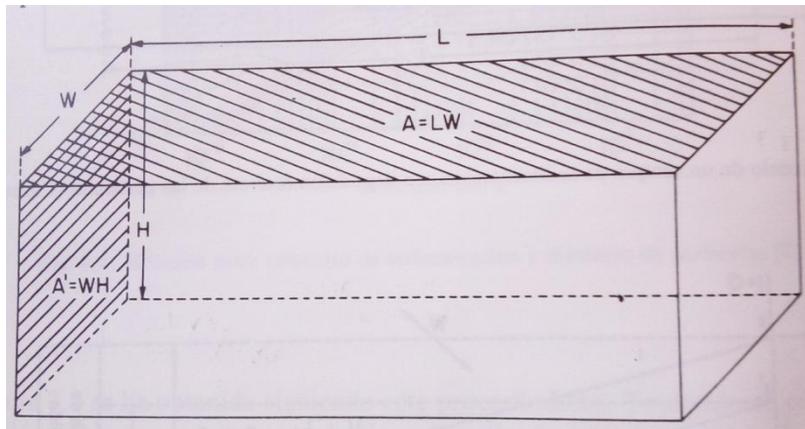


Figura 3.6.2. Geometría de la zona de sedimentación.<sup>3.6.1</sup>

- Velocidad de sedimentación  $V_s$ , mostrada en la figura 3.6.1. En la sedimentación discreta la velocidad de sedimentación no varía con respecto a la trayectoria, debido a que la partícula no se somete a algún proceso de coalescencia, por lo que la velocidad de sedimentación se mantiene uniforme. En el caso de sedimentación con floculación (figura 3.6.3), la velocidad se ve afectada por el proceso de coalescencia, debido a que el diámetro de las partículas aumenta progresivamente y por consecuencia la velocidad de sedimentación aumenta, esto se puede apreciar en la gráfica 3.6.1

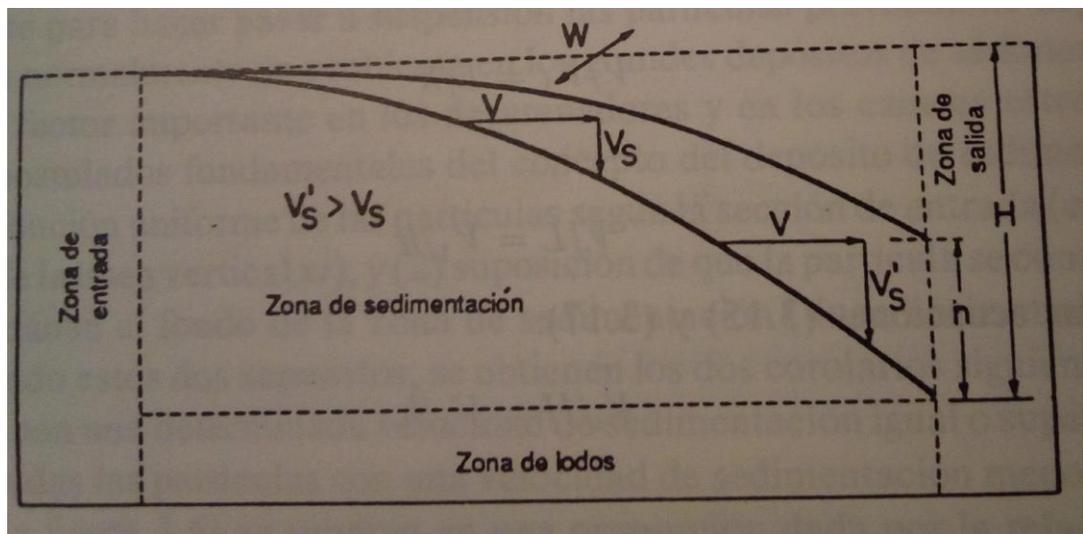
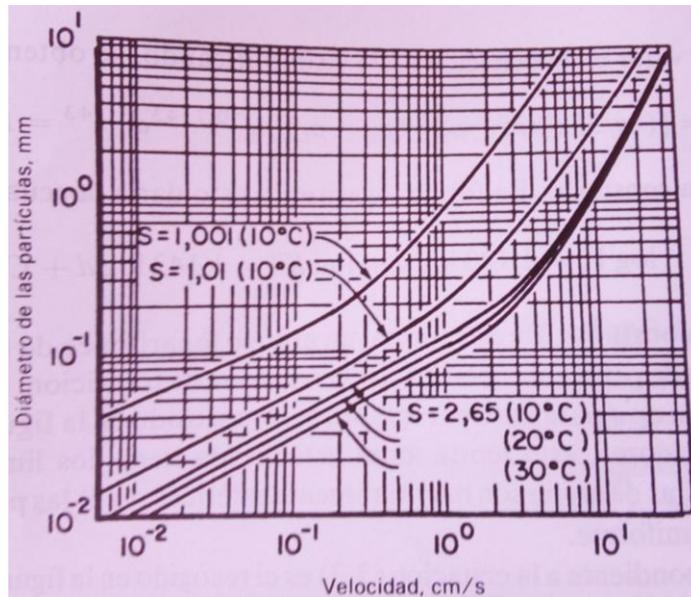


Figura 3.6.3. Modelo de tanque de sedimentación con deposición con floculación.<sup>3.6.1</sup>



Gráfica 3.6.1. Relación entre velocidad de sedimentación y diámetro de partícula.<sup>3.6.1.</sup>

El rendimiento de la sedimentación depende mayormente del área de la sección horizontal que de la profundidad (ecuación 3.6.2), por lo que conviene utilizar tanques de sedimentación de gran área superficial  $A$  y pequeña profundidad  $H$  (figura 3.6.2). Las razones para utilizar tanques profundos son satisfacer los requerimientos de profundidad para utilizar rascadores mecánicos, para evitar el arrastre de partículas que se han depositado.

$$v_s = Q/LW = Q/A \quad \text{Ecuación 3.6.2.}^{3.6.1}$$

Los desarenadores son ejemplos de aplicación de sedimentación, también se utilizan hidrociclones. Los ciclones DorrClone (figura 3.6.4) son modelos típicos de hidrociclones fabricados por Dorr-Oliver Inc., son separadores líquido/sólido, utilizan la energía suministrada por la bomba de alimentación, la fuerza centrífuga separa materiales con diferente peso específico.

Está formado por un cuerpo estático cilíndrico/cónico, con alimentación tangencial en la sección superior, la descarga del líquido está en la parte superior del eje de la máquina y la descarga de sólidos está en la parte inferior. Al entrar el agua residual en el cuerpo cilíndrico, se hace un flujo espiral o de vórtice, la fuerza centrífuga lanza la arena a las paredes del

cono y se deslizan a la parte inferior o salida. El agua residual, libre de arena, va al centro del vórtice y sale por la parte superior.

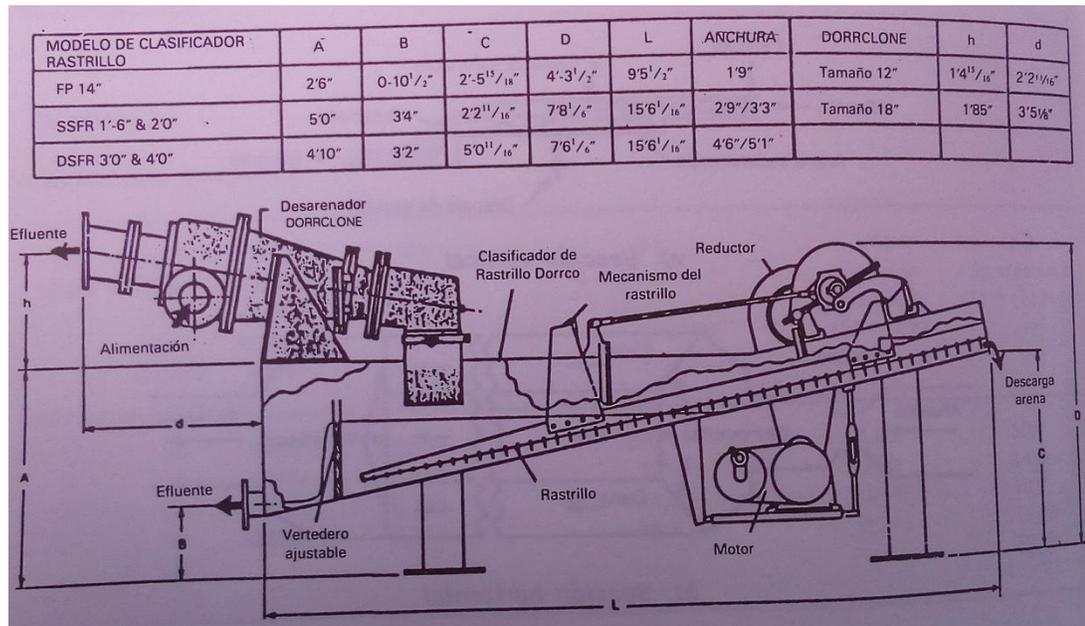


Figura 3.6.4. Modelo típico de hidrociclón DorrClone.<sup>3.6.1</sup>

- **Flotación:** es un proceso para separar sólidos de baja densidad o partículas líquidas de una fase líquida. Se realiza introduciendo gas (normalmente aire) a la parte líquida. La parte líquida se presuriza hasta alcanzar presión de 2 a 4 atm, con suficiente aire, de esta forma se alcanza la saturación del agua con aire, después se somete a despresurización hasta la presión atmosférica por medio de una válvula reductora, se forman burbujas que contienen pequeñas partículas de sólidos o líquidos (aceite, petróleo), estas flotan y son separados por sistemas mecánicos. En la figura 3.6.5 se observa el diagrama de un sistema de flotación con los componentes básicos del sistema, los cuales son bomba de presurización, sistema de inyección de aire, tanque de retención, válvula reductora de presión y tanque de flotación.

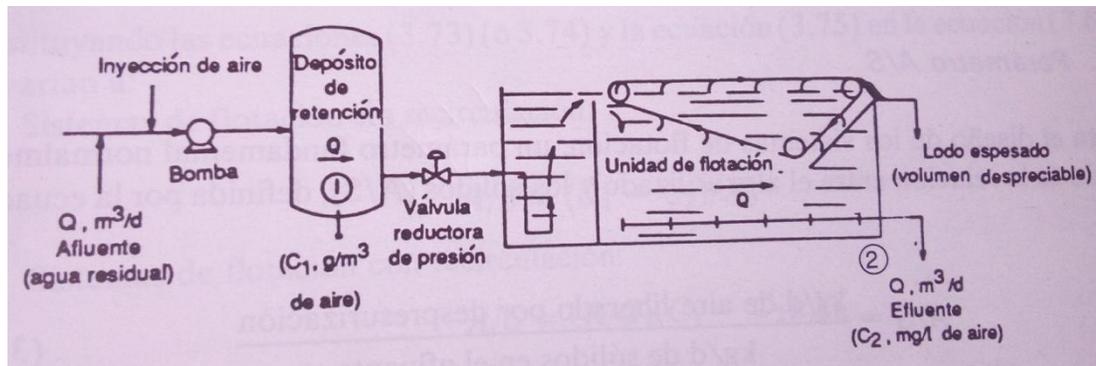


Figura 3.6.5. Sistema de flotación.<sup>3.6.1</sup>

Los principales objetivos del sistema de flotación son:

- Separación de grasas, aceites, fibras y sólidos de baja densidad,
- Espesado de lodos procedentes del proceso de lodos activados.
- Espesado de lodos floculados químicamente resultantes del tratamiento de coagulación química.

En el diseño de sistemas de flotación, el parámetro fundamental es la relación aire utilizado y los sólidos (A/S), expresada en la ecuación 3.6.3.

$$\frac{A}{S} = \frac{\text{kg de aire liberado por despresurización}}{\text{kg de sólidos en el afluente}} \quad \text{Ecuación 3.6.3}^{3.6.1}$$

Para un efluente dado los kg de sólidos en suspensión (S) son fijos. El valor de A se obtiene a partir de determinaciones de aire disuelto (mg/l) en los puntos de muestreo indicados como 1 y 2 en la figura 3.6.5, siendo su valor el expresado en la ecuación 3.6.4, donde A son kg de aire emitido por despresurización, A<sub>1</sub> son kg de aire disuelto en el punto 1 y A<sub>2</sub> son kg de aire disuelto en el punto 2.

$$A = A_1 - A_2 \quad \text{Ecuación 3.6.4}^{3.6.1}$$

- **Neutralización:** este tipo de tratamiento se realiza en los siguientes casos:
  - Antes de la descarga de aguas residuales en el medio receptor, esto debido a que la vida acuática es muy sensible a variaciones de pH, debe ser lo más cercano a pH=7.

- Antes de descarga de aguas residuales industriales a alcantarillado municipal, esto se basa en que es más económico neutralizar la corriente residual industrial que neutralizar grandes cantidades ya mezcladas industrial y doméstica.
- Antes de tratamiento químico y biológico, en tratamiento biológico, el intervalo de pH es 6.5 – 8.5, esto para asegurar óptima actividad biológica.

Existen dos métodos para neutralizar aguas residuales, el primero es homogeneización, el cual consiste en mezclar las corrientes disponibles, algunas ácidas y otras alcalinas; el segundo es control directo de pH, este consiste en la adición de ácidos o bases para alcanzar la neutralización de las corrientes.

La homogeneización se lleva a cabo en tanques de homogeneización, mostrado en la figura 3.6.6, los objetivos de este proceso son dos principalmente:

- Disminuir variaciones de ciertas corrientes de aguas residuales, consiguiendo una corriente mezclada, con caudal relativamente constante, el cual llegue a la planta de tratamiento.
- Disminuir las variaciones de la DBO del efluente a los sistemas de tratamiento.

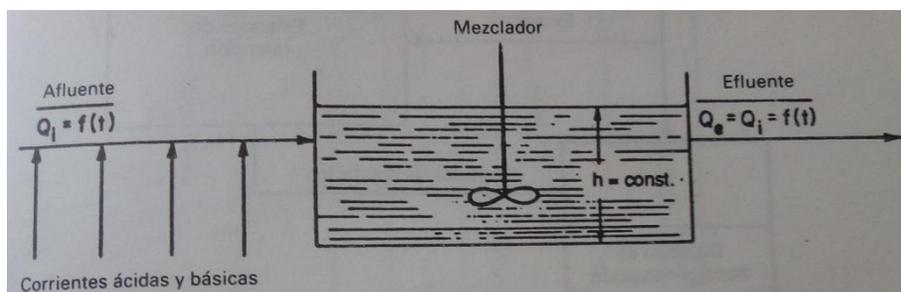


Figura 3.6.6. Tanque de homogeneización.<sup>3.6.1</sup>

Cuando el caudal llegará a un sistema biológico, preferentemente si es de lodos activados, debe mantener un caudal contante, esto implica que la única variación en el proceso biológico sea la calidad del agua residual.

El diseño de un tanque de homogeneización debe tener como principio mantener la concentración de DBO del efluente que sale en cierto intervalo, este depende de la concentración del agua residual al entrar y de la calidad que se requiera al salir. Para esto se requiere la consideración del tiempo de retención hidráulico  $t_h$ , descrito en la ecuación 3.6.5, donde  $V$  es el volumen del líquido del tanque ( $m^3$ ) y  $Q$  es el caudal ( $m^3/h$ ).

$$t_h = V/Q \quad \text{Ecuación 3.6.5}^{3.6.1}$$

Los métodos de neutralización directa, tanto ácidos como alcalinos, se fundamentan en agregar alguna base o ácido, según sea el caso.

Para aguas residuales ácidas los más empleados son:

- Lechos de caliza: se disponen lechos de caliza con flujo ascendente y descendente, esto para aguas residuales con concentración menor a 0.6% de  $H_2SO_4$ , debido a que la caliza se cubre de una capa insoluble de  $CaSO_4$ , haciéndola inutilizable.
- Neutralización con cal: la cal es el reactivo más utilizado para neutralizar aguas residuales ácidas, debido a su bajo coste. Se realiza adición por etapas de cal, en aguas con alto grado de acidez, se recomienda mínimo dos etapas.
- Neutralización con sosa caustica.
- Neutralización con carbonato de sodio.
- Neutralización con amoníaco.

En el caso de aguas residuales alcalinas, cualquier ácido fuerte puede ser utilizado para la neutralización, preferentemente utilizando  $H_2SO_4$  y  $HCl$  debido a la parte económica; las reacciones son prácticamente instantáneas.

También se pueden utilizar gases residuales que contengan 14% o más de  $CO_2$ , debido a que con el burbujeo en aguas residuales el  $CO_2$  forma ácido

carbónico, el cual reacciona con la base, esta reacción es lenta pero eficiente si el pH no requiere bajar de 7 u 8.

### **3.6.1.2. Tratamiento Secundario.**

El tratamiento secundario es todo aquel proceso de tratamiento biológico de las aguas residuales, tanto aerobios como anaerobios. Este tipo de procesos se han utilizado hace aproximadamente un siglo, aunque fue a principios de los años sesenta cuando se desarrolló de manera más estructurada el diseño de sistemas de lodos activados.

Este proceso nace de la observación realizada tiempo atrás de que cualquier agua residual se puede someter a aireación durante un periodo de tiempo, reduce su contenido de materia orgánica, formándose al mismo tiempo un lodo floculante. El estudio de este lodo, revela que contiene una población heterogénea de microorganismos, tales como son bacterias unicelulares, hongos, algas, protozoos y rotíferos; dependiendo de la procedencia y características del agua residual es el tipo de microorganismo que contiene, siendo las bacterias las más importantes debido a que se encuentran en todo tipo de tratamiento biológico.

En la figura 3.6.7 se muestra el diagrama de flujo de proceso de un proceso convencional de lodos activados. Las 7 corrientes presentes en el proceso tienen tres tipos de concentraciones características, siendo las siguientes:

- Concentración de la DBO soluble: la DBO soluble principalmente está formada por compuestos carbonosos en disolución, el diseño de las plantas de lodos activados se basa en el consumo de la DBO soluble, ya que es resultado del proceso de oxidación biológica que se presenta en el reactor. En caso contrario la DBO insoluble se separa por sedimentación en los clarificadores primario y secundario.
- Concentración de los sólidos volátiles en suspensión (VSS): corresponden a los lodos biológicos, la determinación experimental de estos se realiza mediante la medición de la pérdida de peso de sólidos totales en

suspensión después de incineración en una estufa (laboratorio) a 600°C, la pérdida de peso corresponde a los sólidos en suspensión no volátiles, estos están constituidos por materia inerte tanto orgánica como inorgánica.

- Concentración de sólidos no volátiles en suspensión (NVSS): es la diferencia entre la concentración de sólidos en suspensión totales y sólidos volátiles en suspensión.

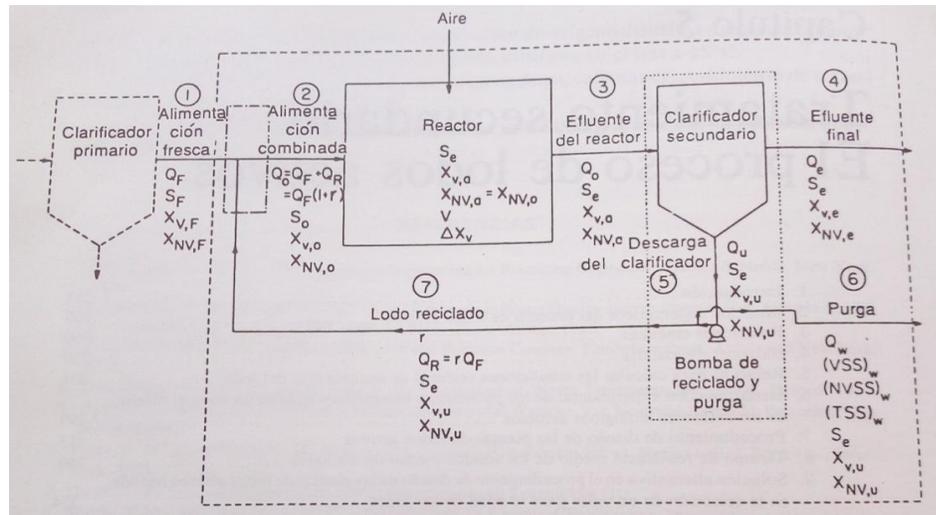
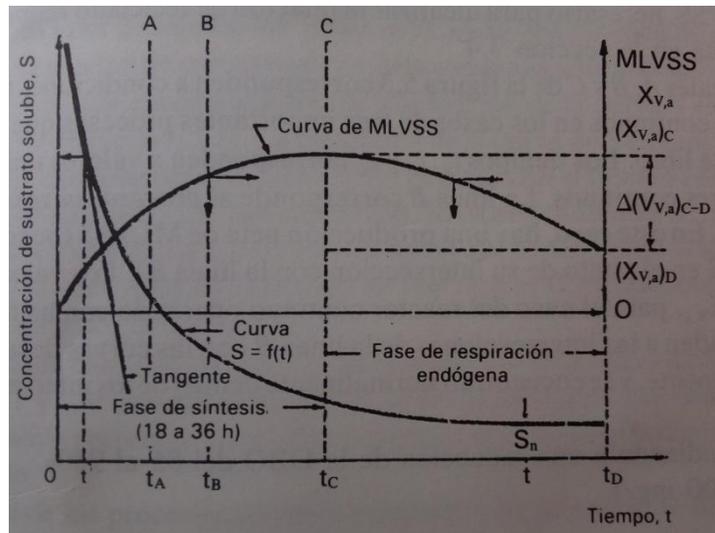


Figura 3.6.7. Proceso convencional de lodos activados.<sup>3.6.1</sup>

El estudio de la cinética del proceso de tratamiento biológico aerobio nos lleva a determinar la velocidad con la que los microorganismos degradan un residuo específico, con esto se obtiene la información básica para determinar el tamaño de los reactores biológicos aerobios. Para esto se determina la concentración de sustrato del agua residual en intervalos de tiempo mediante extracciones de muestras. En estos intervalos de tiempo se mide la concentración de sólidos volátiles en suspensión en el licor mezclado (MLVSS) y de sustrato soluble (S).

En la gráfica 3.6.2 se muestra las curvas típicas de disminución de la concentración de S y variación de la cantidad de MLVSS con respecto al tiempo. La concentración S que es una medida de la concentración de materia orgánica, decrece con respecto al tiempo, esto a causa de que dicha materia orgánica se oxida. A diferencia, la concentración de MLVSS al principio aumenta, durante el tiempo que la concentración del sustrato se encuentra presente, debido a que este es alimento para el crecimiento de microorganismos.



Gráfica 3.6.2. Curvas típicas de la concentración de S y MLVSS en un reactor discontinuo.<sup>3.6.1</sup>

Ahora bien, para el cálculo del balance de materia del sustrato, considerando reactor biológico continuo que opera bajo régimen estacionario y mezcla completa, se expresa en la siguiente ecuación:

$$\left[ \begin{array}{l} \text{Velocidad} \\ \text{neta de} \\ \text{cambio en} \\ \text{el reactor} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{l} \text{Velocidad a la} \\ \text{que el sustrato} \\ \text{entra en el} \\ \text{reactor} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} \text{Velocidad a la} \\ \text{que el sustrato} \\ \text{abando el} \\ \text{reactor} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} \text{Velocidad a la} \\ \text{que el sustrato} \\ \text{se oxida en el} \\ \text{reactor} \end{array} \right] \quad \text{Ecuación 3.6.6}^{3.6.1}$$

Debido a que es bajo régimen estacionario, la concentración de sustrato en el reactor permanece constante, por lo que el primer término es cero, quedando expresado en la siguiente ecuación:

$$0 = \left[ \begin{array}{l} \text{Velocidad a la} \\ \text{que el sustrato} \\ \text{entra en el} \\ \text{reactor} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} \text{Velocidad a la} \\ \text{que el sustrato} \\ \text{abando el} \\ \text{reactor} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} \text{Velocidad a la} \\ \text{que el sustrato} \\ \text{se oxida en el} \\ \text{reactor} \end{array} \right] \quad \text{Ecuación 3.6.7}^{3.6.1}$$

Tomando en cuenta que la velocidad de consumo de sustrato está dada por la pendiente  $dS/dt$  de la curva de concentración (gráfica 3.6.2), que el S se mide en unidades de volumen, la velocidad de consumo de sustrato se expresa por unidad de masa de MLVSS presente en reactor, se obtiene la velocidad específica de consumo de sustrato ( $q$ ), expresada por la ecuación 3.6.8.

$$q = \frac{1}{X_{V,a}} \left( \frac{dS}{dt} \right)_a = \frac{Q_0(S_0 - S_e)}{VX_{V,a}} \quad \text{Ecuación 3.6.8}^{3.6.1}$$

Se puede suponer que el consumo de sustrato sigue una cinética de primer orden, esto es válido para bajas concentraciones de sustrato y la concentración de MLVSS en equilibrio ( $X_{V,a}$ ) está fijada por la operación específica del reactor continuo, la ecuación para expresar la velocidad específica de consumo de sustrato ( $q$ ) quedaría de la siguiente forma (el tratamiento matemático completo se puede ver en la bibliografía 3.6.1 página 265):

$$q = (S_0 - S_e) / X_{V,a} t_h = kS_e \quad \text{Ecuación 3.6.9}^{3.6.1}$$

El mecanismo de degradación aerobia biológica de un sustrato se puede ver esquemáticamente en la figura 3.6.8, en la cual se indica que el sustrato se consume durante el proceso biológico de dos maneras:

- Metabolismo celular: una parte del sustrato, después de ser consumido como alimento para microorganismos, se utiliza para sintetizar nuevas células de microorganismos, esto genera aumento de biomasa, corresponde a la fase de síntesis.
- Metabolismo energético: el sustrato restante se oxida, siendo los productos finales principalmente  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . Este proceso es fundamental para la producción de energía de mantenimiento, utilizada por las células para continuar con sus funciones vitales como síntesis de nuevas células y movilidad.

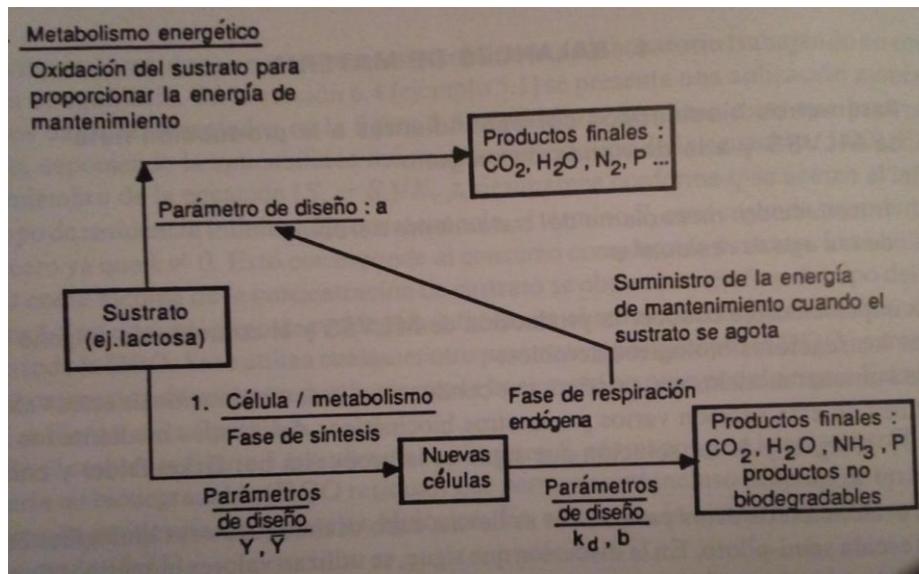


Figura 3.6.8. Mecanismo de la degradación biológica aerobia.<sup>3.6.1</sup>

Existen otros tipos de tratamiento de aguas residuales, menos comunes que lodos activados, son los siguientes:

- Lagunas aireadas: son balsas con profundidad entre 1 a 4m en las que la oxigenación de las aguas residuales se hace mediante unidades de aireación superficiales, turbinas o difusores. La diferencia principal entre el sistema de lodos activados y este, es que las lagunas aireadas son sistemas sin reciclado de lodos.
- Balsas de estabilización de aguas residuales: la diferencia principal es que en las balsas de estabilización no se utiliza equipo de aireación. El oxígeno requerido se obtiene de la superficie natural y de la fotosíntesis de las algas.
- Filtros de percoladores: son reactores de crecimiento asistido, este tipo de reactores utilizan algún tipo de soporte por crecimiento biológico. El filtro percolador es un relleno (roca o polímero) cubierto de limo biológico por el cual se percola el agua residual en forma descendente a través del relleno y en el fondo se recoge el efluente.

La capa de limo que se forma junto con el relleno está formada de una subcapa aerobia y otra anaerobia, el espesor de la subcapa aerobia es función del caudal del agua residual y de su DBO, a mayor DBO del afluente menor será el espesor de la subcapa aerobia, debido a que hay un consumo

más rápido de oxígeno. En la figura 3.6.9, se presenta el esquema de las subcapas del filtro percolador explicado anteriormente.

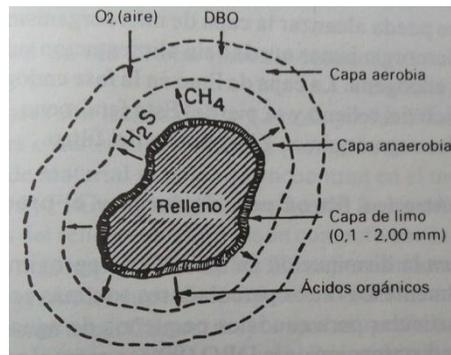


Figura 3.6.9. Esquema de subcapas aerobia y anaerobia de un filtro percolador.<sup>3.6.1</sup>

- Biodiscos (RBC, Rotating Biological Contactors): en este tipo de sistemas la biomasa se presenta simultáneamente en forma de crecimiento asistido y crecimiento en suspensión. En la figura 3.6.10 se ve un diagrama de una unidad de tres etapas, cada etapa está formada por una serie de discos no muy separados de poliestireno o polietileno, se encuentran sumergidos en un 40% aproximadamente en el efluente.

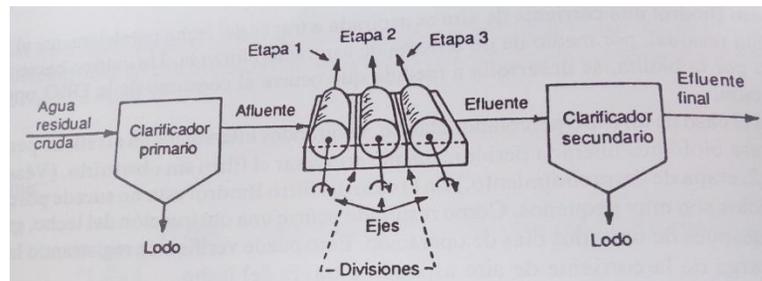


Figura 3.6.10. Esquema de una unidad de RBC.<sup>3.6.1</sup>

### **3.6.1.3. Tratamiento Terciario.**

El tratamiento terciario, también conocido como “tratamiento avanzado”, es la serie de procesos destinados a alcanzar una calidad del efluente superior a la obtenida en el tratamiento secundario. Existen varios tipos de tratamiento terciario, los cuales se describen a continuación.

➤ Eliminación de sólidos en suspensión:

Existen sólidos en suspensión que pueden no ser eliminados en los tratamientos previos (primario y secundario), se dispone de tres tipos de procesos para su eliminación:

- Microtamizado: los microtamices se construyen sobre tambores rotativos, el agua residual se alimenta al interior del tambor, fluyendo hacia una cámara de almacenamiento de agua clara en el exterior. La superficie interior del tambor se realiza mediante pulverizadores de agua clara, con el microtamizador se alcanza entre 70-90% de eliminación de sólidos.
- Filtración: se utiliza cuando se requiere alcanzar 99% de eliminación de sólidos suspendidos.
- Coagulación: se utiliza sulfato de alúmina, polielectrolitos, cal y algunos otros reactivos químicos.

➤ Adsorción de carbón activado:

Adsorción es la concentración de un soluto en la superficie de un sólido, las moléculas del soluto se colocan en la superficie del sólido debido al desequilibrio de fuerzas superficiales. El sólido se llama adsorbente y el soluto adsorbato.

El carbón activado se utiliza para eliminar olores y sabores que producen los contaminantes.

La preparación de carbón activado parte de materias primas carbonosas como madera, lignito, carbón y cáscaras de nuez, estas pasan por un proceso térmico de deshidratación y carbonización, posteriormente se coloca vapor caliente, obteniendo estructuras sumamente porosas.

Una ventaja fundamental del carbón activado, es la posibilidad de reactivación (hasta 30 veces), esto se realiza subiendo la temperatura del carbón agotado a 930°C en una atmósfera aire-vapor. Los productos

orgánicos se queman y el carbón activado recupera su capacidad de absorción.

La adsorción en carbón activado se realiza en columnas (figura 3.6.11), la capacidad de adsorción determinada en ensayos discontinuos en condiciones de equilibrio no se aplica a la operación en columnas. La forma segura de diseñar un sistema de adsorción en carbón es realizar ensayos en plantas piloto.

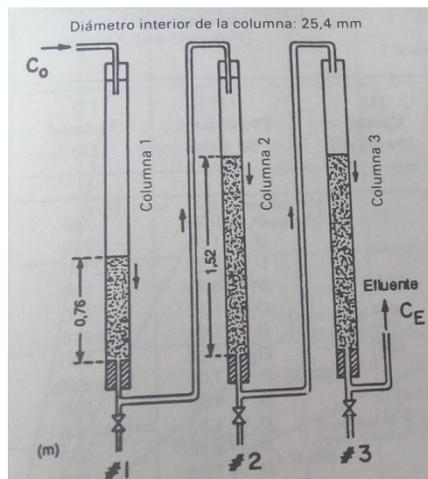


Figura 3.6.11. Columnas de carbón activado (escala piloto).<sup>3.6.1</sup>

➤ Intercambio iónico:

Es un proceso en que los iones que se mantiene unidos a grupos funcionales en la superficie de un sólido por fuerzas electrostáticas se intercambian por iones de una especie diferente en disolución.

La desmineralización se puede alcanzar mediante intercambio iónico, se utilizan procesos de tratamiento de corriente rápida, en estos el agua residual del afluyente se desmineraliza y se combina después con el afluyente que ha sido desviado del tratamiento para producir un afluyente con cierta calidad, un ejemplo es para alcanzar cierta dureza del agua

Las zeolitas naturales, hasta los años cuarenta, eran los únicos intercambiadores iónicos, su capacidad de intercambio era bajo, lo cual no era rentable económicamente. Ahora, han sido sustituidas por resinas sintéticas como estireno y divinil-benceno (DVB), estos son polímeros insolubles, se les agregan grupos ácidos o básicos con reacciones químicas, dependiendo del número total de grupos funcionales por unidad de volumen, determina la capacidad de intercambio.

Existen dos tipos de intercambiadores iónicos, catiónicos y aniónicos:

- Intercambiadores catiónicos, las resinas separan los cationes, intercambiándolos por iones sodio (ciclo del sodio) por iones hidrógeno (ciclo del hidrógeno), en la figura 3.6.12 se ve un diagrama de un intercambiador catiónico.

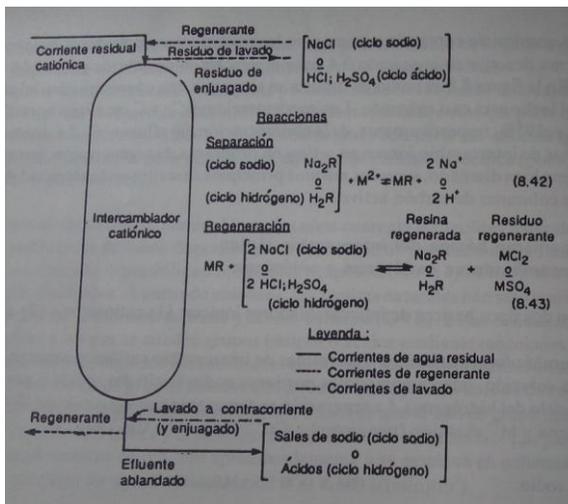


Figura 3.6.12. Intercambiador catiónico.<sup>3.6.1</sup>

- Intercambiadores aniónicos, las resinas separan aniones de una solución intercambiándolos por iones oxhidrilo, en la figura 3.6.13 se ve el diagrama de un intercambiador aniónico.

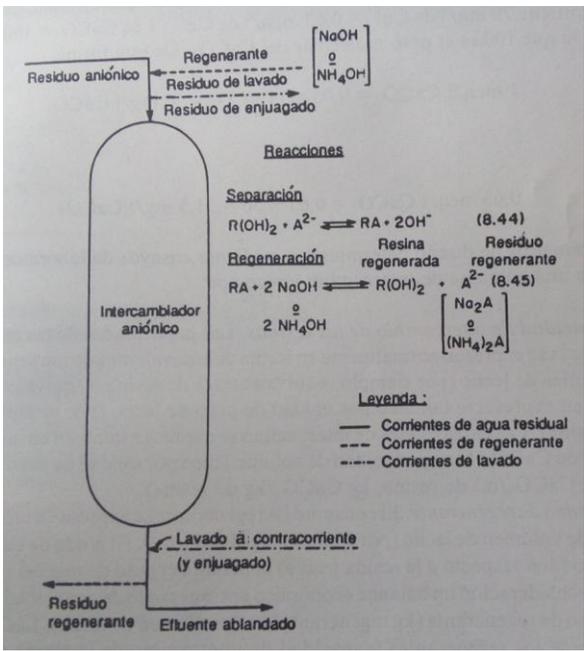


Figura 3.6.13. Intercambiador aniónico.<sup>3.6.1</sup>

Comúnmente los intercambiadores catiónicos y aniónicos se utilizan en serie y son sumamente eficientes, con lo que respecta a residuos inorgánicos presentes en aguas residuales.

➤ Ósmosis inversa:

En el tratamiento de aguas residuales por ósmosis inversa, el afluyente contaminado se pone en contacto con una membrana adecuada a la presión superior a la presión osmótica de la solución, en esta características de medio, el agua con una cantidad pequeña de contaminantes pasa por la membrana, los contaminantes disueltos pasan al compartimento de agua residual, en el otro compartimento se obtiene agua purificada. En la figura 3.6.14 se puede ver el funcionamiento de la ósmosis inversa.

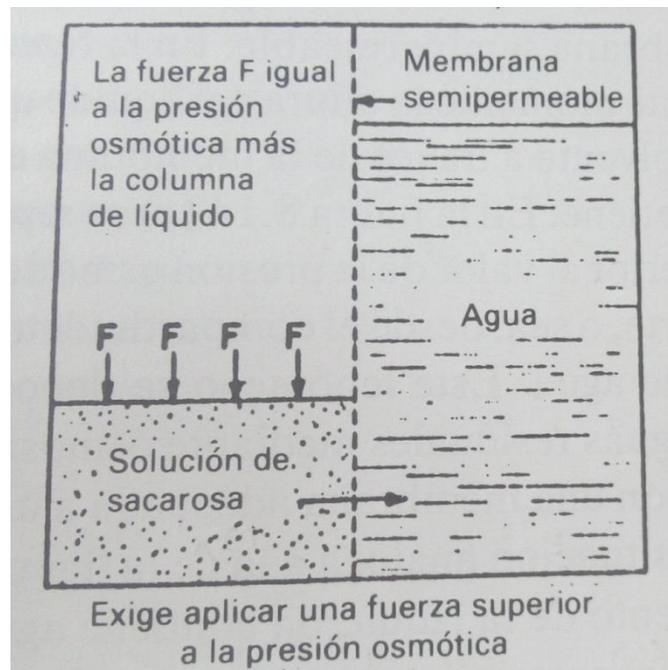


Figura 3.6.14. Ósmosis inversa. <sup>3.6.1</sup>

➤ Electrodiálisis:

Su primer aplicación fue desalación del agua de mar, debido a que es un método eficiente para eliminar nutrientes inorgánicos como fósforo y nitrógeno, de las aguas residuales, se ha empleado como una posible etapa final del proceso de tratamiento de aguas residuales.

El diagrama mostrado en la figura 3.6.15 está formado principalmente por una serie de membranas hechas de resina de intercambio iónico, estas membranas son permeables únicamente a especies iónicas con una selectividad alta. A lo largo de la serie de membranas permeables se aplica una tensión constante, lo cual acelera el paso de los iones por estas.

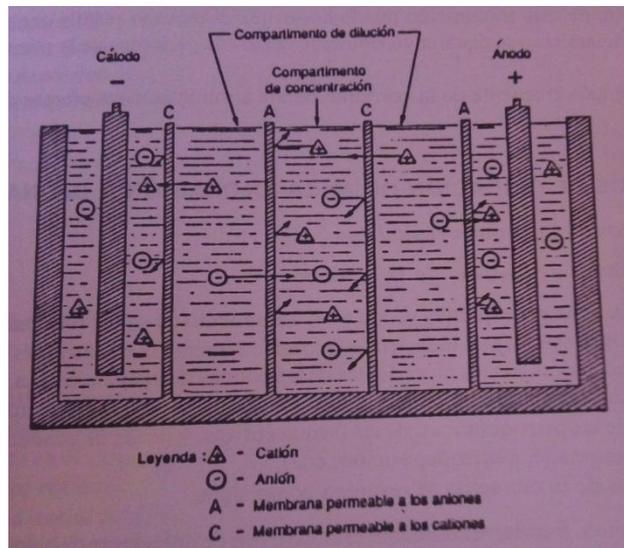


Figura 3.6.15. Diagrama de celda de electrodiálisis.<sup>3.6.1</sup>

El funcionamiento adecuado de la celda de electrodiálisis depende de que la materia en suspensión, los iones orgánicos de gran tamaño y la materia coloidal se separen antes de pasar por este proceso. Debido a que estos materiales pueden provocar ensuciamiento de la membrana.

➤ Procesos de oxidación química (cloración y ozonación):

- Cloración es un proceso muy utilizado en efluentes industriales como plantas de azúcar de caña, azúcar de remolacha, centrales lecheras, fábricas de pasta y papel, textiles petroquímicas, entre otras. Los objetivos principales de la cloración son:
  - Desinfección: esto a causa de la fuerte capacidad del cloro de oxidación, por lo que inhibe el crecimiento de bacterias y algas.
  - Reducción de DBO: los compuestos orgánicos se oxidan y producen una reducción de DBO.
  - Reducción de colores y olores: las sustancias que producen el color y el olor en aguas residuales se oxidan a causa del cloro.
  - Oxidación de los iones metálicos: los iones metálicos presentes se oxidan.

- Ozonación es el proceso químico de oxidación con ozono, este proceso es efectivo debido a los siguientes factores:
  - El ozono reacciona fácilmente con los productos orgánicos no saturados que contiene las aguas residuales.
  - Se reduce la tendencia de formación de espuma en las aguas residuales después del tratamiento con ozono.
  - Debido a la ruptura de los anillos y oxidación parcial de productos aromáticos, las aguas residuales quedan más susceptibles para el tratamiento convencional biológico.
  - El ozono se convierte rápidamente en oxígeno, lo que ayuda a la vida acuática.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

- 3.6.1. R. S. Ramalho, "Tratamiento de Aguas Residuales", Faculty of Science and Engineering, Laval University, Quebec, Canadá, editorial Reverté, S.A. de C.V., 1996.
- 3.6.2. Hernández Muñoz Aurelio, "Depuración de aguas residuales", Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, España, Paraninfo, S.A., 1990.
- 3.6.3. Nordell Eskel, "Tratamiento de agua para la industria y otros usos", compañía Editorial Continental, S.A., 1963.
- 3.6.4. Ortiz Hernández Ma. Laura, Gutiérrez Ruiz Margarita, Sánchez Salinas Enrique, "Propuesta de manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de la ciudad industrial del Valle de Cuernavaca, Estado de Morelos, México", Rev. Int. Contam. Ambient. 11 (2), 105-115, 1995.
- 3.6.5. Tchobanoglous George, Burton Franklin L., "Wastewater engineering, Treatment, Disposal and Reuse", Metcalf & Eddy, Inc. McGraw-Hill, Inc., 3era. edición, 1991.

## CAPÍTULO 3.7

### PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN Y NOMENCLATURA EN PTAR.

Teniendo como base la información mencionada en los capítulos anteriores, llegamos a la clasificación y nomenclatura propuesta para los planos de ingeniería necesarios en el diseño de una PTAR. Como se mencionó en la introducción, la finalidad de esta clasificación y nomenclatura es llegar a la estandarización del diseño de este proceso y más adelante, del diseño de los procesos de ingeniería en general, facilitando y agilizando el trabajo de diseño de plantas.

Para establecer la nomenclatura que se propone, se tomará sólo como referencia los planos de ingeniería, es decir, no se tomarán en cuenta, en principio, hojas de datos técnicos, hojas de cálculo de sistemas, especificaciones de equipos, entre otros. Esto debido al elevado número de documentos de cada disciplina que se generan para un proyecto de diseño. Sin embargo, se considera que al establecer un parámetro de secuencia lógica en la clasificación de planos, este aplica también para los otros documentos que se generan en el desarrollo de la Ingeniería.

A continuación se explica la estructura de la nomenclatura que se expone en este trabajo, dando título a cada uno de los términos. En párrafos siguientes, se detallará cada uno de estos términos.

#### **JM - 131 - TP - 4801**

Nombre del proyecto →	JM - 131
Área (Tratamiento Primario) →	TP
Disciplina (Tuberías) →	4000
Equipo (Cribado) →	800
Consecutivo →	01

La nomenclatura descrita anteriormente corresponde al plano “Arreglo de Tuberías. Desarenado y Cribado Fino”, como se puede observar, teniendo la nomenclatura del plano, se puede saber de lo que se está hablando, desde el proyectos, pasando por el área, la disciplina y el equipo al que corresponde, generando una rapidez para localizar planos mayor a tener una numeración consecutivo para nombrarlos.

La nomenclatura parte del área de proceso a la que nos refiramos, tomando en cuenta que previamente se tiene un código establecido que haga referencia al proyecto del que estamos hablando, en este caso es JM-131. Las áreas que se mencionan, debido a que es el diseño de una PTAR son: general, tratamiento primario, secundario, terciario, edificios y otros. Esta clasificación nos permite obtener todos los planos relacionados a cierta área del proceso, agilizando la búsqueda. En la tabla 3.7.1 se muestra la nomenclatura que se utiliza, en este caso son las letras iniciales de cada área.

Área	Nomenclatura
<b>General</b>	<b>G</b>
<b>Tratamiento Primario</b>	<b>TP</b>
<b>Tratamiento Secundario</b>	<b>TS</b>
<b>Tratamiento Terciario</b>	<b>TT</b>
<b>Edificios y Servicios</b>	<b>ES</b>
<b>Otros</b>	<b>OT</b>

Tabla 3.7.1. Nomenclatura por área.

\*En Otros se utiliza OT para evitar confusión con cero.

El siguiente término de la nomenclatura va enfocado a la clasificación de planos en cada disciplina que los desarrolló, esto es, para dividirlos en planos de ingeniería de proceso, ingeniería mecánica, instrumentación, tuberías, ingeniería eléctrica e ingeniería civil, así con todas las disciplinas involucradas, queda como

se muestra en la tabla 3.7.2. Esto se refiere, por ejemplo, a que para el diseño de un tanque de sedimentación de un tratamiento primario de la PTAR se requieren cierto número de planos de ingeniería de proceso, otros de civil, otros de mecánica, así con cada disciplina, dándonos al final un conjunto de planos con los que se puede tener el diseño integral del sedimentador.

<b>Disciplina</b>	<b>Nomenclatura</b>
<b>Ingeniería de Proceso</b>	1,000
<b>Ingeniería Mecánica</b>	2,000
<b>Instrumentación</b>	3,000
<b>Tuberías</b>	4,000
<b>Ingeniería Eléctrica</b>	5,000
<b>Ingeniería Civil</b>	6,000

Tabla 3.7.2. Nomenclatura por disciplinas.

Ahora bien, la siguiente clasificación mostrada en la nomenclatura, será por la finalidad o aplicación del equipo o edificio, es decir, en una planta de tratamiento de aguas residuales se tiene tres tipos de proceso, primario, secundario y terciario para poder general el tratamiento de agua, estos tienen sus respectivas unidades y sistemas. Pero además de estos procesos se tienen otros complementarios ya sea de servicios auxiliares o generales, como por ejemplo; cuartos de control, almacén, oficinas administrativas, casetas de vigilancia, servicios para trabajadores como son comedor y sanitarios, estos equipos, sistemas o edificios se clasificarán por numeración, siendo el término de centenas en la nomenclatura completa del plano y se mostrará un ejemplo en la tabla 3.7.3.

<b>Equipo/Sistema</b>	<b>Nomenclatura</b>
<b>Generales</b>	000
<b>Urbanización</b>	100
<b>Sopladores</b>	200
<b>Almacén</b>	300
<b>Deshidratado de Lodos</b>	400
<b>Caseta UV</b>	500
<b>Caseta de vigilancia</b>	600
<b>Reactor de lodos</b>	700
<b>Cribado</b>	800
<b>Exteriores</b>	900

Tabla 3.7.3. Nomenclatura por equipo o sistema.

Cabe mencionar que el número de planos que se genere, es por cada una de las disciplinas; tomando un ejemplo, en el tratamiento secundario se encuentra el reactor de lodos, el cual, está diseñado con (digamos) 4 planos de proceso, los cuales corresponden a los planos -TS-1001, -G-1004, -G-1005 y -G-1014, todos anteceditos por el número de proyecto JM-131. Ahora bien, de la misma forma que se tienen estos de proceso, se tiene los correspondientes a ingeniería mecánica, en este caso son 11 planos, empezando con -TS-2701 siguiendo la numeración hasta -TS-2711, esto aplica para las otras disciplinas; instrumentación son 12 planos, tuberías son 28 planos, eléctrica son sólo 4 y civil son 20 planos, dando un total de 79 planos con toda la información necesaria del reactor de lodos.

Cabe decir que el número de planos de una disciplina no es igual a otra. Proceso podría tener únicamente un plano o dos para nuestro ejemplo del reactor de lodos, mientras que el área civil podría contar con 20 y el área mecánica 11, etc.

De esta forma se sigue con cada uno de los equipos o edificios que se tiene en la planta de tratamiento de aguas residuales, dando mayor orden y facilidad de tener a la mano la información particular de los equipos.

Con lo anterior expuesto se explica la razón por la que sería más eficiente la búsqueda de información de los procesos y equipos durante el desarrollo del diseño y construcción de la planta. Aunado a esto, se cuenta con software para manejo de bases de datos, los cuales nos facilitarían enormemente la búsqueda manual de estos documentos, en este caso la base de datos de los planos de este proyecto se tiene en Excel y con la implementación de filtros en área, disciplina y equipo, la búsqueda de los planos para cierto equipo es sumamente eficiente.

El siguiente objetivo de aplicar esta clasificación y nomenclatura es la estandarización del proceso de diseño, esto con el fin de tener una base de partida para proyectos futuros, con el consecuente ahorro de horas hombre, lo cual ocasiona un ahorro económico al proyecto.

Esto funciona de la siguiente forma; se realizó el proyecto de la PTAR "A" con determinadas características geográficas, ciertas necesidades de caudal y con agua residual proveniente de determinado origen y con determinados contaminantes. Para esta planta se requirió realizar los planos para tratamiento primario, secundario, terciario, edificios y servicios, para realizarlos sólo se tenía la información, características y especificaciones indicadas para el proyecto, lo cual es partir sólo de esto para su diseño, lo que llevará determinado tiempo. En seis meses se requiere diseñar la PTAR "B" con otras características geográficas, necesidades de caudal y otro origen del agua residual, si se va al "estante" de planos, por llamar así a los archivos guardados, del proyecto pasado, es decir la PTAR "A", se toman los planos del tratamiento primario, sí, serán otras dimensiones para el tanque de sedimentación, otro tiempo en el tanque flotación, otro número de membranas necesarias, pero, ¿no se tendría una base para el

diseño? La respuesta es sí, tomando los planos del sedimentador 1 de todas las disciplinas involucradas se puede realizar un cuidadoso reajuste de parámetros, esto es pasar de las especificaciones de la planta A a la planta B.

Existen dos niveles generales para poder desarrollar el proceso anterior, es decir, pasar de planta A a planta B:

- Nivel 1: este es realmente sencillo, debido a tipo equipos o cuerpos de los que hablamos. Cuando en una Empresa diseñadora y/o constructora se trabaja como en el ejemplo mencionado, existen cuerpos que, una vez diseñados, su paso a otro proyecto exigen únicamente cambios menores, como por ejemplo una caseta de vigilancia, un comedor o tal vez un edificio administrativo. La caseta de vigilancia para cualquier PTAR requerirá prácticamente las mismas especificaciones, no se ve afectada por capacidad volumétrica u origen del agua, por lo que las modificaciones a los planos de la misma serán mínimos.

El caso del comedor o del edificio administrativo, es similar a la caseta de vigilancia, no depende de las variables mencionadas, aquí lo que podría repercutir es la cantidad de empleados; si la cantidad de personal aumenta, las modificaciones que se requieren hacer serán en cuanto tamaño, pero la estructura y requerimientos serán los mismos. Ahora, si el aumento de personal es del doble o una cantidad considerable, existe otra alternativa, manejar el mismo diseño, mismas medias y sólo duplicar el edificio, esto nos mantendría los planos prácticamente iguales a los del proyecto de la planta A.

- Nivel 2: por otro lado habrá casos en los que se tendrán que hacer modificaciones mayores pero al estar el diseño parametrizado, no se parte de cero. Este nivel hace referencia a equipos o cuerpos como el clarificador, este depende principalmente de las cargas volumétrica y orgánica de la planta, las modificaciones o ajustes que se deben hacer a estos planos son mayores, en este punto se debe notar otra de las ventajas

de esta propuesta, debido a la facilidad con la que se obtiene todos los planos, en este caso, relacionados al clarificador, los diseños realizados son escalables, es decir el aumento de la capacidad volumétrica debe darnos un aumento en las variables de diseño del mismo, siempre garantizando la misma eficiencia uno del otro.

Como se mencionó en el nivel uno, se tiene la alternativa de llegar a requerir el doble o triple de la capacidad, los diseños se pueden utilizar simplemente duplicando o triplicando la construcción de los clarificadores.

Debe tomarse en cuenta que para tomar como base el diseño de la planta A para el diseño de la planta B, se requiere un grado de responsabilidad y cuidado elevado, ya que no es copiar planos y listo, es como se mencionó, “tomar como base” el diseño anterior. De esta forma evitar partir de cero en el diseño y general un ahorro de tiempo en el proyecto.

De la misma forma, se puede extender esta clasificación y nomenclatura a otros tipos de plantas de proceso; siempre tomando como base el diseño de la planta anterior y reajustando a las especificaciones de la actual. Generaría, como ya se mencionó, ahorro de tiempo, horas hombre por parte de los ingenieros encargados en cada disciplina del diseño y por ende dinero en el proyecto.

Para ejemplificar la propuesta expuesta, se utilizará el tratamiento terciario de una PTAR, en la tabla 3.7.4 se observa la nomenclatura planteada para el equipo de este proceso.

Área		Tratamiento Terciario			
Equipos/Sistema		Caseta UV			
Número de planos		23			
PLANO No.	CLIENTE	NOMBRE DEL PLANO	ÁREA	DISCIPLINA	EQUIPO
JM-131-TT-6501		Canal de Desinfección UV. Planta y Cortes y Detalles.	TT	6	5
JM-131-TT-6502		Canal de Desinfección UV. Planta y Cortes Estructurales.	TT	6	5
JM-131-TT-6503		Caseta de UV. Planta Arquitectónica.	TT	6	5
JM-131-TT-6504		Caseta de UV. Fachadas Arquitectónicas.	TT	6	5
JM-131-TT-6505		Caseta de UV. Cortes Arquitectónicas.	TT	6	5
JM-131-TT-6506		Caseta de UV. Estructuración de Muros.	TT	6	5
JM-131-TT-6507		Caseta de UV. Elevaciones. Estructuración de Muros.	TT	6	5
JM-131-TT-6508		Caseta de UV. Estructuración de Losa de Cubierta.	TT	6	5
JM-131-TT-6509		Caseta de UV. Planta y Cortes. Cimentación.	TT	6	5
JM-131-TT-4501		Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Canal de Desinfección UV	TT	4	5
JM-131-TT-4502		Arreglo de Tuberías. Planta. Caseta de UV.	TT	4	5
JM-131-TT-4503		Arreglo de Tuberías. Elevaciones. Caseta de UV.	TT	4	5
JM-131-TT-4504		Arreglo de Tuberías. Descarga a Canal de Excedencias.	TT	4	5
JM-131-TT-4505		Localización y Detalles de Soportes. Caseta de UV.	TT	4	5
JM-131-TT-2501		Arreglo Mecánico. Caseta de UV. Planta, Elevaciones y Cortes.	TT	2	5

<b>JM-131-TT-2502</b>	Detalles de Fabricación. Caseta de UV.	<b>TT</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-2503</b>	Arreglo Mecánico. Polipasto Caseta de UV. Planta, Elevaciones y Cortes.	<b>TT</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-2504</b>	Detalles de Fabricación. Polipasto Caseta de UV.	<b>TT</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-5501</b>	Sistema de Tierras. Canal de UV.	<b>TT</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-5502</b>	Distribución de Alumbrado y Contactos. Canal de UV.	<b>TT</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-5503</b>	Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos. Canal de UV.	<b>TT</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-3501</b>	Monitoreo y Totalización Flujo Agua Tratada a sistema UV,	<b>TT</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-3502</b>	Señalización del Sistema desinfección UV.	<b>TT</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

Tabla 3.7.4. Nomenclatura para tratamiento terciario.

Como se puede apreciar en la tabla 3.7.4, se tiene todos los planos del sistema de UV, nombrada con el número 5 en el lugar de las centenas, de todas las disciplinas, localizado en los miles dependiendo de la disciplina correspondiente y mayúscula TT para indicar que se trata del tratamiento terciario.

Siguiendo con el manejo de la base de datos, si se requiere la información del sistema de cribado pero sólo de la disciplina civil para tomarla como base para otro diseño, con la ayuda de los filtros colocados en Excel y la nomenclatura establecida, se obtiene fácilmente los planos requeridos, esto se puede observar en la tabla 3.7.5.

Área		Tratamiento Primario		
Disciplina		Ingeniería Civil		
Equipo/Sistema		Sistema de Cribado		
No. de planos		11		
PLANO No. CLIENTE	NOMBRE DEL PLANO	ÁREA	DISCIPLINA	EQUIPO/SISTEMA
JM-131-TP-6801	Cribado Grueso y Cárcamos de Bombeo. Planta y Cortes de Terracerías.	TP	6	8
JM-131-TP-6802	Cribado Grueso y Cárcamos de Bombeo. Planta y Cortes Dimensionales.	TP	6	8
JM-131-TP-6803	Cribado Grueso y Cárcamos de Bombeo. Cortes Estructurales.	TP	6	8
JM-131-TP-6804	Cribado Grueso y Cárcamos de Bombeo. Cortes y Elevaciones Estructurales.	TP	6	8
JM-131-TP-6805	Cribado Grueso y Cárcamos de Bombeo. Mejoramiento y Rellenos.	TP	6	8
JM-131-TP-6806	Desarenado y Cribado. Planta y Cortes Dimensionales.	TP	6	8
JM-131-TP-6807	Desarenado y Cribado. Cortes Dimensionales.	TP	6	8
JM-131-TP-6808	Desarenado y Cribado. Planta y Cortes Estructurales.	TP	6	8
JM-131-TP-6809	Desarenado y Cribado. Cortes Estructurales.	TP	6	8
JM-131-TP-6810	Desarenado y Cribado. Planta de Cimentación.	TP	6	8
JM-131-TP-6811	Desarenado y Cribado. Columnas, Trabes y Detalles Estructurales.	TP	6	8

Tabla 3.7.5. Nomenclatura para sistema de cribado en ingeniería civil.

Cuando se explicó los niveles en los que se podía ajustar los diseños realizados para la planta A en la planta B, el nivel 1, se dijo que eran cambios sencillos, debido a la tendencia a que los equipos o cuerpos fueran repetidos prácticamente con las mismas dimensiones en la segunda planta, uno de esos cuerpos fue el edificio administrativo.

Pensemos que el ingeniero encargado del diseño de la disciplina eléctrica, llegó a la parte del diseño del edificio administrativo, los planos que requiere serán los mostrados en la tabla 3.7.6.

Área	Edificios y Servicios			
Disciplina	Ingeniería eléctrica			
Equipo/Sistema	Edificio administrativo			
No. de planos	3			
PLANO No. CLIENTE	NOMBRE DEL PLANO	ÁREA	DISCIPLINA	EQUIPO/SISTEMA
JM-131-ES-5101	Distribución de Alumbrado. Edificio Administrativo.	ES	5	1
JM-131-ES-5102	Distribución de Alumbrado y Contactos por Piso. Edificio Administrativo.	ES	5	1
JM-131-ES-5103	Distribución de Equipo. Edificio de Servicios.	ES	5	1

Tabla 3.7.6. Nomenclatura para edificio administrativo de ingeniería eléctrica.

Partiendo de estos planos el ingeniero encargado en el diseño de esta disciplina tiene una base para iniciar el diseño del edificio administrativo.

De la forma en la que se obtuvieron los planos de los ejemplos anteriores, se puede obtener los planos de cualquier área, disciplina y/o equipo que se requiera.

Cabe mencionar que estas tablas se realizaron como ejemplo y no se obtienen siempre ese número de planos en cada una de las disciplinas.

La nomenclatura propuesta genera cierto orden y estructura en los planos, lo que hace que se mejore la obtención de información con respecto a cierto tratamiento, proceso o equipo del diseño de la PTAR.

La base de datos con todos los planos para este proyecto JM – 131 y utilizada como base para este trabajo escrito, se encuentra en el anexo 1, disponible para su consulta.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

3.7.1. Morales Cabrera Juan Mario, “Codificación, Propuesta de Clasificación y Nomenclatura para una PTAR”. Reporte de trabajo.

## **4. CONCLUSIÓN**

1. Proposición. Con base en la investigación de personas que se dedican a la elaboración de proyectos realizada, se puede decir que es viable establecer la nomenclatura propuesta, la cual facilita el proceso de administración y ofrece grandes beneficios en el desarrollo de un proyecto.
2. Integración. Se demostró que al realizar un proyecto de ingeniería de manera integral, conjuntando y haciendo dependiente todas y cada una de las disciplinas entre sí, se obtiene un resultado favorable, debido principalmente al ahorro de tiempo y evitar repetir o arrastrar errores, aplicando herramientas como chequeo cruzado entre los documentos de cada disciplina.
3. Estandarización. Se confirma que el proceso de estandarización implementado para los documentos de ingeniería (mencionados en capítulo 2), en este caso planos, facilita y agiliza el proceso de elaboración del proyecto; tomando en cuenta el debido cuidado para el reajuste de documentos al pasar de planta A a planta B. Como se mencionó, se consigue un ahorro de tiempo.
4. Extrapolación. El ejemplo descrito de la PTAR demostró que la propuesta de clasificación y nomenclatura es una opción viable para implementar en futuros proyectos, ya que los resultados obtenidos en cuanto a los documentos que se pueden reutilizar y su adaptación mejora notablemente el tiempo en el proceso de realización previsto.
5. El proyecto realizado sirve de base y ayuda para profesores e ingenieros en formación, debido a que da una alternativa viable para el desarrollo de proyectos, tocando temas como chequeo cruzado, estandarización, hasta la misma nomenclatura.

#### **4.1. CONCLUSIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Tomando en cuenta la información recabada y considerando la clasificación y nomenclatura propuesta para los documentos de ingeniería, se encontró que la implementación de éstos conceptos ahorra tiempo en el proceso de realizar la ingeniería del proyecto. Esto confirma que una adecuada y ordenada clasificación de conceptos funciona de manera efectiva como base para proyectos futuros, logrando estandarizar los documentos, reduciendo tiempo y consecuentemente los costos en los proyectos.

## **5. BIBLIOGRAFÍA**

- 5.1 Project Management Institute. (5ta. edition). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide). Newtown Square, Pa: Project Management Institute.
- 5.2 Serna Ojeda Hilda (2014), "METODOLOGIA DE LA ADMINISTRACION DE PROYECTOS APLICADOS EN LA INGENIERIA CIVIL" (Tesis de pregrado), Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil, Xalapa Enríquez Veracruz.
- 5.3 Instituto Universitario de desarrollo y Cooperación Universidad. Complutense de Madrid (1998), "Metodología de la evaluación de la cooperación española". OPE- SECIPI, Madrid. MAE-SECIPI.
- 5.4 Cohen, E. y Franco R. (1997), "Evaluación de proyectos sociales". Cuarta edición. Siglo XXI Editores, S.A. de C.V., México.
- 5.5 Rase, H.F. y Barrow, M.H. (1988), "Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso", Compañía Editorial Continental, S.A. México.
- 5.6 De Cos Castillo Manuel. Teoría General del Proyecto: Dirección de proyectos/ Project Management. España: Síntesis. ISBN: 84-7738-332-4.
- 5.7 Briceño L. Pedro (1996). Administración y Dirección de Proyectos. Chile: McGraw-Hill/Interamericana de Chile LTDA. ISBN: 956-278-008-2.
- 5.8 Martínez Montes German, Pellicer Armiñana Eugenio.(2007). Organización y Gestión de Proyectos y Obras. Madrid, España: McGraw-Hill. ISBN: 978-84-481-5641-1.
- 5.9 Piña G. F. Planeación para la Construcción de Obras. México.

- 5.10 Domingo Ajenjo Alberto., (2003).Dirección y Gestión de Proyectos: Un Enfoque Práctico. Madrid, España: Alfa omega – Ra-Ma. ISBN: 84-7897-399-0.
- 5.11 Baasel, William, “Preliminary Chemical Engineering Plant Design”, New York, Elsevier, Publications, 1976.
- 5.12 Ray, M. S. & Sneesby, M. G., “CHEMICAL ENGINEERING DESIGN PROJECT”, Australia, Gordon and Breach Publication, 1998.
- 5.13 Torres Contreras Marco Antonio, “MODELO DE ADMINISTRACIÓN Y CONTROL PARA EL DESARROLLO DE INGENIERÍA EN PROYECTOS LLAVE EN MANO” (tesis para maestría), Instituto Tecnológico de la Construcción, México, D.F., 2001.
- 5.14 Lozano Ríos Leticia, “ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA”, Universidad Nacional Autónoma de México, División de Posgrado, Seminario de Administración de Proyectos UNAM-IMP.
- 5.15 Coulson & Richardson, “Chemical Engineering Design”, 3rd Edition, Oxford, Butterworth, 1999.
- 5.16 AITECO CONSULTORES, S.L., Sociedad inscrita en el Registro Mercantil de Granada, C/Camino de Ronda, 101 – Edificio Atalaya. CP: 18003, GRANADA (España), Tomo 863, libro 0, folio 180, hoja: GR15189.
- 5.17 Monintx, “Procesos Químicos”, Es.slideshare.net.  
URL: <https://es.slideshare.net/monintx/procesos-quimicos>
- 5.18 Amyd, UNAM, Facultad de Química, 2017.  
URL: <http://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id>

5.19 Consul Steel, “Que es una Ingeniería de Detalle”.

URL:<http://consulsteel.com/que-hacemos/que-es-una-ingenieria-de-detalle/>

5.20 Jorge Mírez, “Sala de Operaciones | Equipos y Máquinas en Establecimientos de Salud (Biomedical Engineering)”, Jmirezmedical.wordpress.com

URL:<https://jmirezmedical.wordpress.com/category/sala-de-operaciones/>

5.21 YouTube “Diseño de Plantas con Autocad(Curso de alta Especialización profesional)”

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=vt3T40liAUc>

5.22.URL:[https://www.google.com.mx/search?q=especificaciones+tecnicas+de+equipo&dcr=0&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwigid2h26PZAhVO62MKHZoICl8Q\\_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=PNfwJlaCPWKmEM](https://www.google.com.mx/search?q=especificaciones+tecnicas+de+equipo&dcr=0&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwigid2h26PZAhVO62MKHZoICl8Q_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=PNfwJlaCPWKmEM)

5.23 American Water Works Association.

URL: <https://www.awwa.org/>

5.24 Secretaría de Salud, “Normas técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado”, 1996.

URL:<http://cesccoserna.net/Documentos/Reglamentos/NormasTecnicasDescargasAguasResiduales.pdf>

5.25 SEMARNAT, “Normas Oficiales Mexicanas”, 1996-97.

URL:

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGA-A-15-13.pdf>

5.26 R. S. Ramalho, “Tratamiento de Aguas Residuales”, Faculty of Science and Engineering, Laval University, Quebec, Canada, editorial Reverté, S.A. de C.V., 1996.

- 5.27 Hernández Muñoz Aurelio, "Depuración de aguas residuales", Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, España, Paraninfo, S.A., 1990.
- 5.28 Rigola Lapeña Miguel, "Tratamiento de Aguas Industriales: Aguas de proceso y residuales", Marcombo Boixareu Editores, S.A., 1989.
- 5.29 Nordell Eskel, "Tratamiento de agua para la industria y otros usos", compañía Editorial Continental, S.A., 1963.
- 5.30. Seoánez Clavo Mariano, Angulo Aguado Irene, "Aguas Residuales Urbanas, Tratamientos Naturales de bajo costo y aprovechamiento", Mundi Prensa Libros, S.A., 1995.
- 5.31 URL: <http://chiwulltun.blogspot.mx/2008/08/jebusitas-o-jebuseos-dueos-de-la-tierra.html?view=mosaic>
- 5.32 URL: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>
- 5.33. Ortiz Hernández Ma. Laura, Gutiérrez Ruiz Margarita, Sánchez Salinas Enrique, "Propuesta de manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de la ciudad industrial del Valle de Cuernavaca, Estado de Morelos, México", Rev. Int. Contam. Ambient. 11 (2), 105-115, 1995.
- 5.34 Tchobanoglous George, Burton Franklin L., "Wastewater engineering, Treatment, Disposal and Reuse", Metcalf & Eddy, Inc. McGraw-Hill, Inc., 3era. edición, 1991.
- 5.35. Morales Cabrera Juan Mario, "Codificación, Propuesta de Clasificación y Nomenclatura para una PTAR". Reporte de trabajo.

## **6. ANEXOS**

### **6.1. ANEXO 1: PLANOS DE PTAR PROYECTO JM - 131.**

#### **BASE DE DATOS.**

##### LISTA DE PLANOS Y/O DOCUMENTOS

Control de Proyecto  
Cliente: Planta.  
Proyecto No.: JM - 131

PLANO No. CLIENTE	NOMBRE DEL PLANO	ÁREA	DISCIPLI NA	EQUIPO/ SISTEMA
JM-131-G- 1001	Perfil Hidráulico. Línea de Agua (Hoja 1 de 2).	G	1	0
JM-131-G- 1002	Perfil Hidráulico. Línea de Agua (Hoja 2 de 2).	G	1	0
JM-131-TS- 1001	Perfil Hidráulico. Línea de Lodos.	TS	1	0
JM-131-G- 1003	Diagrama de Simbología.	G	1	0
JM-131-G- 1004	Diagrama de Flujo de Proceso. Hoja 1 de 2.	G	1	0
JM-131-G- 1005	Diagrama de Flujo de Proceso. Hoja 2 de 2.	G	1	0
JM-131-G- 1006	Diagrama de Tuberías e Instrumentación. Hoja 1 de 8.	G	1	0
JM-131-G- 1007	Diagrama de Tuberías e Instrumentación. Hoja 2 de 8.	G	1	0
JM-131-G- 1008	Diagrama de Tuberías e Instrumentación. Hoja 3 de 8.	G	1	0
JM-131-G- 1009	Diagrama de Tuberías e Instrumentación. Hoja 4 de 8.	G	1	0
JM-131-G-	Diagrama de Tuberías e Instrumentación. Hoja 5	G	1	0

<b>1010</b>	de 8.			
<b>JM-131-G-1011</b>	Diagrama de Tuberías e Instrumentación. Hoja 6 de 8.	<b>G</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-1012</b>	Diagrama de Tuberías e Instrumentación. Hoja 7 de 8.	<b>G</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-1013</b>	Diagrama de Tuberías e Instrumentación. Hoja 8 de 8.	<b>G</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-1014</b>	Arreglo General.	<b>G</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-1015</b>	Plano Topográfico.	<b>G</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-1016</b>	Detalles de Boquillas.	<b>G</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-6001</b>	Estudio Geotécnico para el proyecto de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-6002</b>	Bases de Diseño Civil.	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-6003</b>	Notas Generales de Concreto.	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-6004</b>	Notas Generales de Acero.	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-6005</b>	Notas Generales de Acabados.	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-6006</b>	Notas Generales de Arquitectura.	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-6601</b>	Caseta de Vigilancia. Planta, Cortes y Fachadas Arquitectónicas.	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>JM-131-G-6602</b>	Caseta de Vigilancia. Planta y Cortes y Fachadas de Acabados.	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>JM-131-G-6603</b>	Caseta de Vigilancia. Instalación Hidráulica y Sanitaria.	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>JM-131-G-</b>	Caseta de Vigilancia. Planta, Cortes y Detalles de	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

<b>6604</b>	Cimentación y Estructuración de Muros.			
<b>JM-131-G-6605</b>	Caseta de Vigilancia. Planta, Cortes y Detalles Estructurales de Azotea.	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>JM-131-G-6606</b>	Caseta de Vigilancia. Aire Acondicionado.	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>JM-131-G-6901</b>	Muro Perimetral. Planta, Cortes y Detalles.	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>9</b>
<b>JM-131-G-6902</b>	Vialidad Interna. Planta Arreglo General.	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>9</b>
<b>JM-131-G-6903</b>	Vialidad Interna. Cortes y Detalles.	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>9</b>
<b>JM-131-G-6904</b>	Arreglo de Drenajes. Pluvial y Sanitario. Planta, Cortes y Detalles.	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>9</b>
<b>JM-131-G-6905</b>	Vialidad Externa.	<b>G</b>	<b>6</b>	<b>9</b>
<b>JM-131-ES-6101</b>	Edificio Administrativo. Plantas Arquitectónicas.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>JM-131-ES-6102</b>	Edificio Administrativo. Cortes Arquitectónicos Hoja 1 de 2.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>JM-131-ES-6103</b>	Edificio Administrativo. Cortes Arquitectónicos Hoja 2 de 2.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>JM-131-ES-6104</b>	Edificio Administrativo. Fachadas Arquitectónicas.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>JM-131-ES-6105</b>	Edificio Administrativo. Planta de Acabados Arquitectónicos.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>JM-131-ES-6106</b>	Edificio Administrativo. Cortes de Acabados Arquitectónicos.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>JM-131-ES-6107</b>	Edificio Administrativo. Instalación Hidráulica y Sanitaria.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>JM-131-ES-6108</b>	Edificio Administrativo. Planta Cancelería Cortes y Detalles.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>JM-131-ES-6109</b>	Edificio Administrativo. Planta, Cortes y Detalles de Cimentación.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>JM-131-ES-6110</b>	Edificio Administrativo. Planta de Azotea Estructuración.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>1</b>

<b>JM-131-ES-6111</b>	Edificio Administrativo. Planta de Azotea Cortes y Detalles.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>JM-131-ES-6112</b>	Edificio Administrativo. Estructura de Muros hoja 1 de 2.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>JM-131-ES-6113</b>	Edificio Administrativo. Estructura de Muros hoja 2 de 2.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>JM-131-ES-6201</b>	Edificio de Servicios y Sopladores. Planta y Cortes Arquitectónicos.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-6202</b>	Edificio de Servicios y Sopladores. Fachadas Arquitectónicas.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-6203</b>	Edificio de Servicios y Sopladores. Planta y Cortes de Acabados.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-6204</b>	Edificio de Servicios y Sopladores. Instalación Hidráulica y Sanitaria.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-6205</b>	Edificio de Servicios y Sopladores. Cancelería.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-6206</b>	Edificio de Servicios y Sopladores. Instalación Aire Acondicionado.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-6207</b>	Edificio de Servicios y Sopladores. Planta Cortes y Detalles Losa de Cimentación.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-6208</b>	Edificio de Servicios y Sopladores. Planta Bases para Equipos.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-6209</b>	Edificio de Servicios y Sopladores. Cortes y Detalles. Bases para Equipos.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-6210</b>	Edificio de Servicios y Sopladores. Estructuración de Muros 1 de 2	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-6211</b>	Edificio de Servicios y Sopladores. Estructuración de Muros 2 de 2	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-6212</b>	Edificio de Servicios y Sopladores. Planta Cortes y Detalles Estructuración de Azotea.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-6301</b>	Almacén General. Planta, Cortes y Fachadas Arquitectónicas.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<b>JM-131-ES-6302</b>	Almacén General. Planta, Cortes y Fachadas Acabados Arquitectónicos.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<b>JM-131-ES-</b>	Almacén General. Planta, Cortes y Detalles de	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>3</b>

<b>6303</b>	Cimentación y Losa de Piso.			
<b>JM-131-ES-6304</b>	Almacén General. Estructuración de Muros.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<b>JM-131-ES-6305</b>	Almacén General. Planta, Cortes y Detalles Losa de Azotea.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<b>JM-131-ES-6401</b>	Edificio Deshidratado de Lodos. Plantas y Cortes Arquitectónicos.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-6402</b>	Edificio Deshidratado de Lodos. Fachadas Arquitectónicas.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-6403</b>	Edificio Deshidratado de Lodos. Plantas y Cortes. Acabados Arquitectónicos.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-6404</b>	Edificio Deshidratado de Lodos. Plantas, Cortes y Detalles. Losa de Cimentación.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-6405</b>	Edificio Deshidratado de Lodos. Plantas, Cortes y Detalles. Escalera.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-6406</b>	Edificio Deshidratado de Lodos. Plantas, Cortes y Detalles. Estructuración Losa de Entrepiso.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-6407</b>	Edificio Deshidratado de Lodos. Plantas, Cortes y Detalles. Losa de Azotea.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-6408</b>	Edificio Deshidratado de Lodos. Planta, cortes y Detalles. Estructuración de Muros.	<b>ES</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-TT-6501</b>	Canal de Desinfección UV. Planta y Cortes y Detalles.	<b>TT</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-6502</b>	Canal de Desinfección UV. Planta y Cortes Estructurales.	<b>TT</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-6503</b>	Caseta de UV. Planta Arquitectónica.	<b>TT</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-6504</b>	Caseta de UV. Fachadas Arquitectónicas.	<b>TT</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-6505</b>	Caseta de UV. Cortes Arquitectónicas.	<b>TT</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-6506</b>	Caseta de UV. Estructuración de Muros.	<b>TT</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-6507</b>	Caseta de UV. Elevaciones. Estructuración de Muros.	<b>TT</b>	<b>6</b>	<b>5</b>

<b>JM-131-TT-6508</b>	Caseta de UV. Estructuración de Losa de Cubierta.	<b>TT</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-6509</b>	Caseta de UV. Planta y Cortes. Cimentación.	<b>TT</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TS-6701</b>	Reactores de Lodos Activados y Digestores de Lodos. Planta de Terracerías.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6702</b>	Reactores de Lodos Activados y Digestores de Lodos. Cortes Dimensionales Terracerías.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6703</b>	Reactores de Lodos Activados y Digestores de Lodos. Cortes de Terracerías, Movimiento de Tierras.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6704</b>	Reactores de Lodos Activados y Digestores de Lodos. Planta de Bases y Columnas para Mamparas.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6705</b>	Reactores de Lodos Activados. Cortes y Detalles de Bases y Columnas para Mamparas.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6706</b>	Reactor de Lodos Activados. Planta de Estructuración de Losa de Fondo.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6707</b>	Reactor de Lodos Activados. Cortes y Detalles de Estructuración de Losa de Fondo.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6708</b>	Reactor de Lodos Activados. Planta de Andadores, Bases y Mochetas.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6709</b>	Reactor de Lodos Activados. Cortes y Detalles de Andadores, Bases y Mochetas.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6710</b>	Reactor de Lodos Activados. Planta, Cortes y Detalles de Barandales y Modulación de Andadores.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6711</b>	Caja de Distribución RE-601 y RE 602. Planta, Cortes y Detalles Dimensionales y Estructurales.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6712</b>	Reactores de Lodos Activados y Digestores de Lodos. Plantas y Cortes de Escaleras.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6713</b>	Bases de Bombas de Recirculación de Lodos.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6714</b>	Reactores de Lodos Activados. Planta de Localización de Vertedores.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-</b>	Reactores de Lodos Activados. Planta, Cortes y	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>

<b>6715</b>	Detalles Dimensionales de Vertedores.			
<b>JM-131-TS-6716</b>	Reactores de Lodos Activados T-603/T-604. Planta y Cortes Estructurales de Vertedores.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6717</b>	Memoria de Cálculo. Clarificadores Secundarios CL-601 y CL-602.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6718</b>	Clarificador Secundario . Planta y Cortes Dimensionales.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6720</b>	Clarificadores Secundarios CL-601/602. Planta, Cortes y Detalles Estructurales. 1 de 2.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-6721</b>	Clarificadores Secundar. Planta, Cortes y Detalles Estructurales. 2 de 2.	<b>TS</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TP-6801</b>	Cribado Grueso y Cárcamos de Bombeo. Planta y Cortes de Terracerías.	<b>TP</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-6802</b>	Cribado Grueso y Cárcamos de Bombeo. Planta y Cortes Dimensionales.	<b>TP</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-6803</b>	Cribado Grueso y Cárcamos de Bombeo. Cortes Estructurales.	<b>TP</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-6804</b>	Cribado Grueso y Cárcamos de Bombeo. Cortes y Elevaciones Estructurales.	<b>TP</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-6805</b>	Cribado Grueso y Cárcamos de Bombeo. Mejoramiento y Rellenos.	<b>TP</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-6806</b>	Pretratamiento, Desarenado y Cribado. Planta y Cortes Dimensionales.	<b>TP</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-6807</b>	Pretratamiento, Desarenado y Cribado. Cortes Dimensionales.	<b>TP</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-6808</b>	Pretratamiento, Desarenado y Cribado. Planta y Cortes Estructurales.	<b>TP</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-6809</b>	Pretratamiento, Desarenado y Cribado. Cortes Estructurales.	<b>TP</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-6810</b>	Pretratamiento, Desarenado y Cribado. Planta de Cimentación.	<b>TP</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-6811</b>	Pretratamiento, Desarenado y Cribado. Columnas, Trabes y Detalles Estructurales.	<b>TP</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-G-</b>	Arreglo General de Tuberías. Planta.	<b>G</b>	<b>4</b>	<b>0</b>

<b>4020</b>				
<b>JM-131-G-4021</b>	Arreglo General. Mosaico de Planos de Tuberías.	<b>G</b>	<b>4</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-4022</b>	Arreglo General de Equipos.	<b>G</b>	<b>4</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-ES-4201</b>	Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Cuarto de Sopladores.	<b>ES</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-4202</b>	Localización de Soportes. Cuarto de Sopladores.	<b>ES</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-4203</b>	Detalles de Soportes. Cuarto de Sopladores.	<b>ES</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-4204</b>	Isométrico de Cabezal de Cuarto de Sopladores.	<b>ES</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-4401</b>	Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Edificio de Deshidratado de Lodos. Planta Baja.	<b>ES</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-4402</b>	Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Edificio de Deshidratado de Lodos. Planta Alta.	<b>ES</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-4403</b>	Localización de Soportes. Edificio de Deshidratado de Lodos.	<b>ES</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-4404</b>	Detalles de Soportes. Edificio de Deshidratado de Lodos.	<b>ES</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-4405</b>	Isométrico de Tuberías. Alimentación a Mesas Espesadoras.	<b>ES</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-4406</b>	Isométrico de Tuberías. Planta de Preparación de Polímero a Mezclador Estático	<b>ES</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-4407</b>	Isométrico de Tuberías. Agua de Lavado a Mesas y Filtros.	<b>ES</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-4408</b>	Isométrico de Tuberías. Aire Comprimido a Mesas y Filtros.	<b>ES</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-4001</b>	Arreglo de Tuberías. Planta. Agua de Servicio.	<b>ES</b>	<b>4</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-ES-4002</b>	Isométrico de Tuberías. Agua de Servicio.	<b>ES</b>	<b>4</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-TP-4801</b>	Arreglo de Tuberías. Planta. Desarenado y Cribado Fino.	<b>TP</b>	<b>4</b>	<b>8</b>

<b>JM-131-TP-4802</b>	Arreglo de Tuberías. Cortes y Elevaciones. Desarenado y Cribado Fino.	<b>TP</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-4803</b>	Localización de Soportes. Desarenado y Cribado Fino.	<b>TP</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-4804</b>	Detalles de Soportes. Desarenado y Cribado Fino.	<b>TP</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-4805</b>	Isométrico de Tubería. De Pretratamiento a Reactor de Lodos Activados	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-4806</b>	Isométrico de Tuberías. Aire a Desarenadores.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TS-4701</b>	Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Reactor de Lodos Activados	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4702</b>	Arreglo de Tuberías. Cortes y Detalles. Reactor de Lodos Activados	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4703</b>	Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Reactor de Lodos Activados	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4704</b>	Arreglo de Tuberías. Cortes y Detalles. Reactor de Lodos Activados	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4705</b>	Detalles de Soportes. Tubería de Aire en Taludes.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4706</b>	Detalles de Abrazaderas Tipo Omega.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4707</b>	Isométrico de Tubería. Reactor de Lodos Activados a Clarificador .	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4708</b>	Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Clarificador	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4709</b>	Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Descarga de Clarificadores.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4710</b>	Isométrico de Tubería. Clarificador a Bombas RAS.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4711</b>	Isométrico de Tubería. De Bombas RAS a Bio-P	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4712</b>	Isométrico de Tubería. Clarificadores a Canal de Desinfección UV.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-</b>	Arreglo de Tuberías. Planta. Bombas RAS.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>

<b>4713</b>				
<b>JM-131-TS-4714</b>	Arreglo de Tuberías. Elevaciones y Cortes. Bombas RAS.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4715</b>	Localización de Soportes. Bombas RAS.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4716</b>	Detalles de Soportes. Bombas RAS.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4717</b>	Isométrico de Tubería. Succión de Bombas RAS.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4718</b>	Isométrico de Tubería. Descarga de Bombas RAS.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4719</b>	Isométrico de Tubería. Bombas RAS a Digestores de Lodos.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4720</b>	Isométrico de Tuberías. Aire a Disparos Reactores de Lodos Activados.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4721</b>	Isométrico de Tuberías. Aire a Digestores de Lodos.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4722</b>	Isométrico de Tuberías. Aire a Disparos Digestores de Lodos.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4723</b>	Arreglo de Tuberías. Planta. Digestores de Lodos.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4724</b>	Arreglo de Tuberías. Elevaciones. Digestores de Lodos.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4725</b>	Detalles de Soportes. Digestores de Lodos.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4726</b>	Isométrico de Tuberías. Succión de Bombas de Lodos.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4727</b>	Isométrico de Tuberías. Descarga de Bombas de Lodos.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-4728</b>	Isométrico de Tuberías. Agua de Decantado de espesador de Lodos.	<b>TS</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TT-4501</b>	Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Canal de Desinfección UV	<b>TT</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-4502</b>	Arreglo de Tuberías. Planta. Caseta de UV.	<b>TT</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

<b>JM-131-TT-4503</b>	Arreglo de Tuberías. Elevaciones. Caseta de UV.	<b>TT</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-4504</b>	Arreglo de Tuberías. Descarga a Canal de Excedencias.	<b>TT</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-4505</b>	Localización y Detalles de Soportes. Caseta de UV.	<b>TT</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-ES-2401</b>	Arreglo Mecánico. Edificio de Deshidratado de Lodos. Tolva. Planta, Elevaciones y Cortes.	<b>ES</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-2402</b>	Detalles de Fabricación. Edificio de Deshidratado de Lodos. Tolva.	<b>ES</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-2403</b>	Detalles de Fabricación. Edificio de Deshidratado de Lodos. Compuerta de Tolva.	<b>ES</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-TP-2801</b>	Arreglo Mecánico. Desarenadores y Cribado Fino. Planta.	<b>TP</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-2802</b>	Arreglo Mecánico. Desarenadores y Cribado Fino. Elevaciones y Cortes. 1 de 2.	<b>TP</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-2803</b>	Arreglo Mecánico. Desarenadores y Cribado Fino. Elevaciones y Cortes. 2 de 2.	<b>TP</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-2804</b>	Desarenadores y Cribado Fino. Detalles de Fabricación Air Lift y Cabezales auxiliares.	<b>TP</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-2805</b>	Desarenadores y Cribado Fino. Detalles de Fabricación Pasillos y escaleras de acceso, interconexión, servicio desarenado.	<b>TP</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-2806</b>	Desarenadores y Cribado Fino. Detalles de Fabricación Rejilla de protección descarga de desarenadores.	<b>TP</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-2807</b>	Arreglo Mecánico. Cribado Grueso. Planta, Elevaciones y Cortes.	<b>TP</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-2808</b>	Detalles de Fabricación. Cribado Grueso.	<b>TP</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TS-2701</b>	Arreglo Mecánico. Bio-P. Planta.	<b>TS</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-2702</b>	Arreglo Mecánico. Bio-P. Elevaciones y Cortes.	<b>TS</b>	<b>2</b>	<b>7</b>

<b>JM-131-TS-2703</b>	Bio-P. Detalles de Fabricación. Abrazaderas y Soportes de Mamparas.	<b>TS</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-2704</b>	Bio-P. Detalles de Fabricación. Puente Mezclador.	<b>TS</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-2705</b>	Bio-P. Detalles de Fabricación. Escalera Puente Mezclador.	<b>TS</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-2706</b>	Arreglo Mecánico. Reactor de Lodos Activados. Compuertas.	<b>TS</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-2707</b>	Arreglo Mecánico. Clarificadores. Planta, Elevaciones y Cortes.	<b>TS</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-2708</b>	Detalles de Fabricación. Clarificadores. Pasillo y Escalera.	<b>TS</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-2709</b>	Detalles de Fabricación. Clarificadores. Rejilla de Protección.	<b>TS</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-2710</b>	Arreglo Mecánico. Digestor de Lodos. Mampara de Espesador. Planta, Elevaciones y Cortes.	<b>TS</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-2711</b>	Detalles de Fabricación. Digestor de Lodos Abrazaderas y Soportes de Mampara.	<b>TS</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TT-2501</b>	Arreglo Mecánico. Caseta de UV. Planta, Elevaciones y Cortes.	<b>TT</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-2502</b>	Detalles de Fabricación. Caseta de UV.	<b>TT</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-2503</b>	Arreglo Mecánico. Polipasto Caseta de UV. Planta, Elevaciones y Cortes.	<b>TT</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-2504</b>	Detalles de Fabricación. Polipasto Caseta de UV.	<b>TT</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-G-5001</b>	Símbolos, Características de materiales y Notas generales.	<b>G</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-5002</b>	Detalles de Instalación.	<b>G</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-5003</b>	Cuadros de Cargas.	<b>G</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-5004</b>	Lista de Conduit y Cable. Fuerza y Control.	<b>G</b>	<b>5</b>	<b>0</b>

<b>JM-131-G-5005</b>	Lista de Conduit y Cable. de Instrumentos.	<b>G</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-5006</b>	Distribución de Alumbrado Exterior.	<b>G</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-5007</b>	Diagrama de Tablero de Control Principal y Locales.	<b>G</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-ES-5201</b>	Diagrama Unifilar. 13.2 y .480 KV. Edificio de Servicios.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-5202</b>	Diagrama Unifilar de 480 V.C.A. CCM- Edificio de Servicios.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-5203</b>	Sistema de Tierras. Edificio de Servicios y Sopladores.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-5204</b>	Distribución de Alumbrado y Contactos. Edificio de Servicios.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-5205</b>	Distribución de Alumbrado y Contactos. Edificio de Sopladores.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-5206</b>	Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos. Edificio de Servicios.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-5207</b>	Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos. Edificio de Sopladores.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-5401</b>	Sistema de Tierras. Edificio de Deshidratado de Lodos.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-5402</b>	Distribución de Alumbrado y Contactos. Edificio de Deshidratado de Lodos.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-TS-5403</b>	Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos. Edificio de Deshidratado de Lodos.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>4</b>
<b>JM-131-ES-5101</b>	Distribución de Alumbrado. Edificio Administrativo.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>1</b>
<b>JM-131-ES-5102</b>	Distribución de Alumbrado y Contactos por Piso. Edificio Administrativo.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>1</b>
<b>JM-131-ES-5103</b>	Distribución de Equipo. Edificio de Servicios.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>1</b>
<b>JM-131-ES-5601</b>	Distribución de Alumbrado, Contactos, Fuerza y Voz y datos. Caseta de Vigilancia.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>JM-131-ES-</b>	Distribución de Alumbrado y Contactos. Almacén	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>3</b>

<b>5301</b>	General.			
<b>JM-131-ES-5701</b>	Distribución de Fuerza. Control e Instrumentos Clarificadores.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-ES-5702</b>	Distribución General de Fuerza. Control e Instrumentos.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-ES-5703</b>	Cortes de Charolas y Ductos.	<b>ES</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-5701</b>	Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos. Reactor de lodos Activados, Bio-P y Digestores de Lodos.	<b>TS</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TT-5501</b>	Sistema de Tierras. Canal de UV.	<b>TT</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-5502</b>	Distribución de Alumbrado y Contactos. Canal de UV.	<b>TT</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-5503</b>	Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos. Canal de UV.	<b>TT</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-G-3001</b>	Típico de Instalación Transmisor de Presión.	<b>G</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-3002</b>	Típico de Instalación Manómetros.	<b>G</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-3003</b>	Típico de Instalación Manómetros con Sello Químico.	<b>G</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-3004</b>	Típico de Instalación Instrumentos de Nivel tipo Ultrasónico.	<b>G</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-3005</b>	Típico de Instalación Bastidor para un transmisor.	<b>G</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-G-3006</b>	Típico de Instalación Transmisor de Temperatura.	<b>G</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>JM-131-ES-3201</b>	Señalización y control de Soplador	<b>ES</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-3202</b>	Monitoreo y Control de Presión en cabezal de Aire,	<b>ES</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

<b>JM-131-ES-3203</b>	Monitoreo y Control de Temperatura en cabezal de Aire,	<b>ES</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-ES-3204</b>	Control de Extractores del Cuarto de Sopladores,	<b>ES</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
<b>JM-131-TP-3801</b>	Control de Criba Gruesa SC	<b>TP</b>	<b>3</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-3802</b>	Control de Criba Gruesa	<b>TP</b>	<b>3</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-3803</b>	Control de Bomba Agua cruda a Desarenadores,	<b>TP</b>	<b>3</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-3804</b>	Control Desarenador, Pretratamiento.	<b>TP</b>	<b>3</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-3805</b>	Monitoreo y Totalización Flujo Agua a Desarenadores, FIT	<b>TP</b>	<b>3</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-3806</b>	Control del Clasificador de Arenas.	<b>TP</b>	<b>3</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-3807</b>	Control de Criba Fina.	<b>TP</b>	<b>3</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-3808</b>	Control de Transportador	<b>TP</b>	<b>3</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TP-3809</b>	Control de Muestreador Automático	<b>TP</b>	<b>3</b>	<b>8</b>
<b>JM-131-TS-3701</b>	Control Flujo para aireación en Reactor de lodos Activados,	<b>TS</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-3702</b>	Monitoreo y control de Oxígeno en Reactor Lodos Activados,	<b>TS</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-3703</b>	Control de Mezclador de tanque Bio-P	<b>TS</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-3704</b>	Control Flujo para aireación en Reactor de lodos Activados,	<b>TS</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-3705</b>	Monitoreo y control de Oxígeno en Reactor Lodos Activados,	<b>TS</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-3706</b>	Control de Mezclador de tanque Bio-P	<b>TS</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-</b>	Control de Bomba Recirculación de Lodos.	<b>TS</b>	<b>3</b>	<b>7</b>

<b>3707</b>				
<b>JM-131-TS-3708</b>	Control Flujo purga de Lodos.	<b>TS</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-3709</b>	Señalización de Rastra.	<b>TS</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-3710</b>	Monitoreo y Registro de Oxígeno en Digestor de Lodos,	<b>OT</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-3711</b>	Monitoreo y Registro de Nivel en Digestor de Lodos,	<b>OT</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TS-3712</b>	Control de Bomba de Lodos	<b>OT</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<b>JM-131-TT-3501</b>	Monitoreo y Totalización Flujo Agua Tratada a sistema UV,	<b>TT</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-TT-3502</b>	Señalización del Sistema desinfección UV.	<b>TT</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>JM-131-OT-3004</b>	Control de Bomba agua de Servicio.	<b>OT</b>	<b>3</b>	<b>0</b>

## **6.2. ANEXO 2: ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 3.2.1 Ejemplo 1 de ciclo de vida de un proyecto.

Figura 3.2.2. Ejemplo 2 de ciclo de vida de un proyecto.

Figura 3.3.1. Ejemplo 1 de Diagrama de Bloques.

Figura 3.3.2. Ejemplo 2 de Diagrama de Bloques.

Figura 3.3.3. Ejemplo de Diagrama de Flujo de Proceso (DFP).

Figura 3.3.4. Expresión General de Balance de Materia.

Figura 3.3.5. Expresión General del Balance de Energía.

Figura 3.3.6. Ejemplo de hoja de datos de equipo.

Figura 3.3.7. Diagrama de Tubería e Instrumentación.

Figura 3.4.1. Ejemplo 1 de especificaciones técnicas de equipos.

Figura 3.4.2. Ejemplo 2 de especificaciones técnicas de equipo.

Figura 3.4.3. Ejemplo 3 de especificaciones técnicas de equipos.

Figura 3.4.4. Especificaciones técnicas de materiales.

Figura 3.4.5. Normas técnicas.

Figura 3.4.6. Ejemplo 1 de diseño en 3D.

Figura 3.4.7. Ejemplo 2 de diseño en 3D.

Figura 3.6.1. Modelo de tanque de sedimentación discreta.

Figura 3.6.2. Geometría de la zona de sedimentación.

Figura 3.6.3. Modelo de tanque de sedimentación con deposición con floculación.

Figura 3.6.4. Modelo típico de hidrociclón DorrClone.

Figura 3.6.5. Sistema de flotación.

Figura 3.6.6. Tanque de homogeneización.

Figura 3.6.7. Proceso convencional de lodos activos.

Figura 3.6.8. Mecanismo de la degradación biológica aerobia.

Figura 3.6.9. Esquema de subcapas aerobia y anaerobia de un filtro percolador.

Figura 3.6.10. Esquema de una unidad de RBC.

Figura 3.6.11. Columnas de carbón activo (escala piloto).

Figura 3.6.12. Intercambiador catiónico.

Figura 3.6.13. Intercambiador aniónico.

Figura 3.6.14. Ósmosis inversa.

Figura 3.6.15. Diagrama de celda de electrodiálisis.

### **6.3. ANEXO 3: ÍNDICE DE DIAGRAMAS**

Diagrama 3.1.1. Diagrama de fases de una propuesta.

Diagrama 3.2.1. Ejemplo de diagrama de Gantt.

### **6.4. ANEXO 4. ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 3.2.1. Etapas básicas de programación.

Tabla 3.5.1 Efecto de los distintos tipos de contaminación.

Tabla 3.7.1. Nomenclatura por área.

Tabla 3.7.2. Nomenclatura por disciplinas.

Tabla 3.7.3. Nomenclatura por área.

Tabla 3.7.4. Nomenclatura para tratamiento terciario.

Tabla 3.7.5. Nomenclatura para sistema de cribado en ingeniería civil.

Tabla 3.7.6. Nomenclatura para edificio administrativo de ingeniería eléctrica.

## **6.5. ANEXO 5: ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 3.6.1. Velocidad de paso  $V$ .

Ecuación 3.6.2. Velocidad de sedimentación  $V_s$ .

Ecuación 3.6.3. Relación aire utilizado y sólidos  $A/S$ .

Ecuación 3.6.4. Aire liberado por despresurización  $A$ .

Ecuación 3.6.5. Tiempo de retención hidráulico  $t_h$ .

Ecuación 3.6.6. Balance de materia del sustrato  $S$ .

Ecuación 3.6.7. Balance de materia de  $S$  en régimen estacionario.

## **6.6. ANEXO 6: ÍNDICE DE GRÁFICAS**

Gráfica 3.5.1. Análisis semanal de aguas residuales original.

Gráfica 3.6.1. Relación entre velocidad de sedimentación y diámetro de partícula.

Gráfica 3.6.2. Curvas típicas de la concentración de  $S$  y  $MLVSS$  en un reactor.