



# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**

---

---

**INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA**

**INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE UN  
CLARIFICADOR-ESPEADOR E-CAT, PARA  
LA RECUPERACIÓN DE AGUA A PARTIR DE  
LOS DESECHOS DE UNA PLANTA DE  
BENEFICIO DE MINERALES.**

**MONOGRAFÍA:**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTA:**

**P.D.I.I. VICENTE RESÉNDIZ RESÉNDIZ**

**DIRECTOR:**

**M. EN A. BERNARDINO MARTÍNEZ MUÑOZ**

**MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO, NOVIEMBRE DE 2007**

**MÉXICO.**

## **AGRADECIMIENTOS.**

### **A DIOS:**

Por darme la oportunidad de poder ver cristalizado mí sueño y por darme la familia que hoy tengo.

### **A MIS PADRES: “REYNA Y JUVENTINO”:**

Por brindarme los tesoros más valiosos que pudieron haberme dado, la vida y mucho amor, porque sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme.

### **A MIS HERMANOS Y HERMANAS:**

Quienes siempre me apoyaron durante toda mi formación académica y de los cuales he aprendido muchas cosas en la vida y con quienes comparto todos mis logros y sueños.

### **AL M. EN A. BERNARDINO MARTÍNEZ MUÑOZ:**

Por atender siempre mis necesidades e inquietudes, por ofrecerme sus conocimientos y su orientación además de un apoyo incondicional durante la elaboración de este trabajo.

### **AL ING. ENRIQUE CONTRERAS GONZÁLEZ:**

Por facilitarme todos los elementos que fueron necesarios para poder realizar este trabajo además de su tiempo y sus conocimientos.

### **AL ING. HÉCTOR OBREGÓN ZAPATA:**

Porque a pesar de sus múltiples ocupaciones siempre tuvo tiempo para escuchar y atender mis demandas además de compartir sus conocimientos.

### **A MICHELLE, DIEGO, ALONDRA Y MONSE:**

Quienes han sido el motor para poder seguir adelante y querer crecer cada día para llegar a ser mejor persona y profesionalista.

### **A LA U.A.E.H.**

Por facilitarme las herramientas adecuadas y por ser la institución que me arropó para que pudiera cumplir mis metas escolares, además de facilitarme con excelentes catedráticos, quienes me transmitieron sus conocimientos y profesionalismo.

### **A MIS SINODALES:**

Quienes por sus observaciones y sugerencias han enriquecido más este trabajo.

**VICENTE RESÉNDIZ RESÉNDIZ.**

---



---

	<b>PAG.</b>
<b>ÍNDICE</b>	iv
<b>INTRODUCCIÓN</b>	vi
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	viii
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	ix
<b>OBJETIVOS</b>	x

## **CAPITULO 1 ANÁLISIS PREVIO DE VIABILIDAD DEL TANQUE E-CAT**

1.1	Floculantes y auxiliares en el desecado.....	1
1.1.1	Estabilización de suspensiones.....	1
1.1.2	Desestabilización de suspensiones.....	3
1.1.3	Descripción de la prueba que se realiza a los floculantes.....	6
1.2	Pruebas de sedimentación y clarificación a nivel laboratorio.....	8
1.3	Pruebas de sedimentación y clarificación en campo con planta piloto E-CAT.....	11

## **CAPITULO 2 INSTALACIÓN DEL CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT**

2.1	Instrucciones de instalación.....	20
2.1.1	Instalación de los soportes para el tanque Clarificador-Espesador.....	21
2.1.2	Ensamble del tanque.....	23
2.1.3	Interiores del tanque y la estructura del soporte superior.....	27
2.1.4	Sistema de control de proceso del Clarificador-Espesador E-CAT.....	35
2.2	Instalación del sistema de preparación y dosificación de floculante.....	40
2.3	Instalación de la estación de bombeo.....	44

---

---

### **CAPITULO 3 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE AGUA**

3.1	Tanque Clarificador-Espesador E-CAT.....	49
3.2	Estación de bombeo.....	54
3.3	Sistema de preparación y dosificación de floculante.....	64

### **CAPITULO 4 OPERACIÓN Y CONTROL DEL CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT**

4.1	Proceso de clarificado y espesado.....	66
4.1.1	Descripción del proceso de operación del tanque E-CAT.....	69
4.1.2	Proceso de clarificación del tanque E-CAT.....	69
4.1.3	Espesamiento y lodo desecado.....	70
4.2	Parámetros de una operación normal.....	76
4.3	Ajustes durante la operación.....	78
4.4	Procedimiento de paro del sistema de clarificado y espesado.....	82
4.5	Control del sistema de preparación y dosificación de floculante.....	82

<b>CONCLUSIONES</b>	84
---------------------	----

<b>APÉNDICES</b>	86
------------------	----

<b>GLOSARIO</b>	95
-----------------	----

<b>ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS</b>	98
-----------------------------------	----

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	100
---------------------	-----

<b>REFERENCIAS ELECTRÓNICAS</b>	101
---------------------------------	-----

---

---

## INTRODUCCIÓN.

La ya incuestionable escasez del agua que existe en todo el mundo, preocupante en nuestros días y de repercusiones todavía no valoradas por nuestra sociedad en su cruda realidad, además de la presión del Medio Ambiente combinada con la inteligencia y capacidad creativa de los técnicos, ha cristalizado en soluciones actuales que pueden ayudarnos a minimizar el gasto de agua, especialmente cuando, frente a su escasez, los costos de tratamiento, soportables por otro lado, pasarán a ser irrisorios si los comparamos con los problemas que generará su falta.

Las plantas de recuperación de minerales realizan la trituración o reducción de tamaño de la partícula y molienda del mineral, seguido por la flotación, clasificación y espesamiento. El producto de estas plantas es un concentrado (parte valiosa del mineral que flota durante el proceso de flotación), por otro lado el desecho de estas plantas es el relave o colas de mineral, el que consiste en el mineral que no flota y que es enviado a las presas de jales. En algunas alternativas de la flotación el mineral valioso es el que no flota, mientras que el desecho flota. En la flotación existe un exceso de agua en relación al mineral por lo que es necesaria una descarga en las colas o relave.

El agua usada en estos procesos industriales en sus diversas etapas de los principales procesos de recuperación de los minerales define aquellas áreas en donde es posible realizar mayores ahorros de consumo de agua. Actualmente el requerimiento de agua ha ido aumentando debido al empobrecimiento de la ley de los minerales. Por lo anterior las tendencias que han ocurrido en los últimos años en la minería han estado orientadas a obtener nuevas fuentes de agua y a ahorrar agua en los procesos de recuperación de mineral, y una de esas alternativas sería poder lograr la reutilización del agua de descarte de las colas del mineral o relave ya que el efluente generado en este proceso, rebose de los hidrociclones, tiene un menor contenido de sólidos (material fino) que puede ser tratado fácilmente mediante equipos de clarificación y espesamiento como el caso del tanque Clarificador-Espesador E-CAT.

Al no haber partículas sólidas en suspensión de tamaño grueso, es posible “apretar” la operación de este tanque Clarificador-Espesador de modo que pueden obtenerse lodos espesados con una alta concentración de sólidos, lo que significa incrementar la recuperación de agua, en el proceso global y con la posibilidad de optimizar la operación y rendimiento del floculante en el tanque E-CAT ya que dicho proceso puede ser controlado de manera totalmente automática.

Actualmente, en la planta de procesamiento de mineral en la cual se ha establecido este proyecto, la tendencia ha sido siempre hacia la recirculación máxima del agua del proceso. Por lo que el empleo de este Clarificador-Espesador posibilita la obtención instantánea de agua de elevada calidad que puede ser reciclada a la propia planta. Dicho tanque Clarificador-Espesador recoge los últimos desarrollos en la sedimentación forzada

---

---

mediante el uso de agentes químicos generalmente orgánicos, conocidos como floculantes, con un diseño derivado del tanque convencional, pero teniendo en cuenta los espectaculares avances habidos en instrumentación y control, y el empleo de los floculantes de última generación, que son los que realmente han permitido su desarrollo.

En el capítulo I se da a conocer la manera en cómo los agentes químicos orgánicos (floculantes) actúan sobre las partículas en suspensión del medio acuoso de la pulpa de mineral, así como la viabilidad de poder instalar un Clarificador-Espesador E-CAT dentro de las inmediaciones de la planta de proceso con base en análisis a nivel laboratorio y en campo con una planta piloto que emula la operación real del tanque esto con la finalidad de poder disminuir el efluente al máximo y poder recuperar agua de alta calidad en el clarificado y poder reciclarla al proceso.

En el capítulo II se aborda la manera en como podría ser la instalación de cada uno de los componentes del tanque Clarificador-Espesador E-CAT y todos sus accesorios para el control óptimo de su operación, de acuerdo a las características que se obtuvieron con las pruebas realizadas con la planta piloto y con base a la cantidad y tipo de mineral que se procesa en la planta de beneficio.

El capítulo III refiere a todas aquellas medidas principales que deben tomarse en cuenta en el mantenimiento de cada uno de los elementos que interactúan en el sistema de recuperación de agua, abarcando desde la estación de bombeo, el tanque junto con su sistema de control del proceso hasta el sistema de preparación y dosificación del polímero, para poder así garantizar la disponibilidad de cada uno de los componentes que intervienen en todo el sistema y no haya interrupción en la recuperación de agua.

El capítulo IV expone la manera en como el Clarificador-Espesador opera y como se pretende controlar las variables que intervienen en la operación del tanque, tomando en cuenta los márgenes establecidos por el análisis que se realizó anteriormente con la planta piloto, garantizando de esta manera un control en la operación del sistema, así como una optimización máxima en el consumo del floculante y poder mantener siempre la calidad tanto en el derrame de agua como la densidad en la descarga del material sólido.

---

---

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El agua es un recurso que es utilizado en diferentes actividades del ser humano y su falta derivaría en un gran problema y el cierre de muchas actividades industriales por lo que en la actualidad se ha buscado la manera de evitar una mala utilización de la misma o incluso buscar alternativas para poder recuperar el agua que se consume en la actividad industrial mediante tratamientos de agua ayudándose con la tecnología de control de procesos.

Los nuevos proyectos mineros han debido, por lo anterior, explorar nuevas fuentes de agua, muchas veces a un costo considerable. Es con frecuencia distinta la situación de las explotaciones mineras antiguas, las que se desenvolvían desde sus inicios en un contexto de disponibilidad de aguas.

Algunas explotaciones de minerales metálicos, con una mejor visión del problema que se nos avecina, a las cuales la ya real escasez de agua mundial puede suponerles la disminución de su capacidad productiva, o inclusive el cierre total de sus actividades, han dado ya un primer y significativo paso, habiendo tomado medidas preventivas drásticas.

En algún caso concreto han llegado al extremo de instalar plantas de desalinización de agua de mar, para posteriormente proceder a su bombeo al lugar donde se localiza el yacimiento y la planta de tratamiento, pero estas acciones derivarían en costos muy altos tomando en cuenta la distancia y todo el equipo que se necesita para su transporte.

Por lo que un proceso de recuperación de agua dentro de las instalaciones de la planta de recuperación de mineral sería una alternativa más a considerar debido a la problemática que ya se mencionó con respecto al consumo de agua, aprovechando las innovaciones tecnológicas en el control de dichos procesos.

Sumado a todo esto, las plantas de las regiones áridas se encuentran con la problemática de que paran los procesos de recuperación de mineral por falta de agua lo que ocasiona pérdidas de dinero considerable por dejar de producir; por lo que un sistema de recuperación de agua minimizaría este problema y además se ahorraría una cantidad considerable en el consumo de agua fresca que resulta al mismo tiempo en un costo más bajo en el pago de dicho recurso economizando así los procesos de beneficio de minerales.

---

---

## **JUSTIFICACIÓN.**

Desde la antigüedad la necesidad siempre ha sido un móvil poderoso para que el hombre tome acciones con el fin de satisfacer dicha exigencia y en nuestros días la obligación de manejar el consumo de agua de una manera razonable nos ha llevado a implementar sistemas de recuperación de agua para poder así satisfacer las actividades industriales en donde es necesario este vital líquido.

La problemática de la escasez de agua en la región de Zimapán que es donde está localizada la planta ha orillado a las organizaciones que se dedican a la recuperación de minerales a buscar nuevas alternativas de obtención de agua para no verse afectados en la disminución de su producción o inclusive al cierre total de sus operaciones porque la demanda de agua que hay actualmente es mayor que la oferta que se tiene.

La posibilidad de recuperar agua con una buena calidad de clarificado cerca de la planta de concentración, mediante el uso de un Clarificador-Espesador controlado de manera automática resultaría en una recirculación a las etapas del proceso de recuperación del mineral y a un ahorro en el consumo de agua fresca aunado a eso sería muy importante utilizar esa agua en una posible ampliación de la planta y tener la posibilidad de producir una mayor cantidad de concentrado que es finalmente el recurso valioso para este tipo de plantas.

---

---

## **OBJETIVOS.**

Recuperar la mayor cantidad posible de agua clarificada de manera instantánea y continua a partir del material fino del relave o las colas de mineral mediante la instalación y operación de un Clarificador-Espesador en una planta de beneficio de minerales totalmente automatizado. Minimizando así las pérdidas que se puedan tener de agua debido a la evaporación e infiltración de tan valioso recurso.

Implementar un circuito cerrado de recirculación máxima de agua de manera que se reduzca el efluente al mínimo y al mismo tiempo optimizar el consumo de agua fresca, logrando por ende el cumplimiento de la reglamentación gubernamental del Medio Ambiente.

Evitar las interrupciones no programadas de los procesos de la planta por falta de este recurso, garantizando la producción y disipar los costos que se derivan de tener los procesos de la recuperación de minerales totalmente parados



## **CAPÍTULO 1.- ANÁLISIS PREVIO DE VIABILIDAD DEL TANQUE E-CAT.**

### **1.1.- FLOCULANTES Y AUXILIARES EN EL DESECADO.**

En varias etapas del proceso de minerales es necesario separar las suspensiones minerales acuosas en sus componentes de sus fases sólido y líquido. Los ejemplos típicos de esto son el espesamiento de concentrados por flotación, la filtración del concentrado por presión o por vacío, y desecación de las colas.

En muchos casos, las partículas de minerales se sedimentan de la suspensión muy despacio, así que la separación del líquido-sólido es lenta e incompleta. Para mejorar el rango de sedimentación, polímeros orgánicos con un peso molecular alto (floculantes) se usan para agregarse a las partículas suspendidas y provocar la separación eficaz de los sólidos del medio acuoso suspendido.

#### **1.1.1.- Estabilización de suspensiones.**

En una suspensión mineral hay normalmente una diferencia amplia en el tamaño de la partícula. Algunas partículas pueden ser bastante grandes para sedimentarse rápidamente, mientras las partículas muy finas no pueden sedimentarse en absoluto. El rango de sedimentación de cualquier partícula dada depende de su tamaño, su densidad relativa del medio suspendido, la viscosidad del medio, y las fuerzas interactivas entre estas y otras partículas suspendidas.

La mayoría de las fuerzas interactivas entre los sólidos suspendidos son de dos tipos, atracción y repulsión. El primero se debe a las fuerzas de Van der Waals de corto rango, el último del traslapeo de cargas eléctricas similares de doble capa de las partículas. Si las fuerzas repulsivas dominan, la aglomeración de la partícula no puede ocurrir, considerando que, si las fuerzas de atracción toman su lugar, la aglomeración y sedimentación de la mayoría de agregados más grandes tendrán lugar. Estas fuerzas de atracción sólo pueden operar cuando las partículas están muy cerca y juntas. La distancia más corta de acercamiento entre las partículas esta en función directa de la magnitud de la doble capa eléctrica la cual así mismo esta en función directa de la carga en la superficie de las partículas. Por consiguiente, esta carga de la superficie tiene un efecto profundo en la estabilidad de una suspensión acuosa de partículas sólidas.

En las suspensiones minerales acuosas, las partículas minerales casi invariablemente llevan una carga en la superficie que es generalmente el negativo, excepto en unos casos dónde el pH de la pulpa es muy bajo. Esta carga de la superficie se debe a uno o más de los siguientes factores:



- La distribución desigual de iones constitutivos.
- La Ionización de grupos superficiales.
- La adsorción específica de iones de la solución.
- Las sustituciones de Isomorfos en la criba del mineral.

Debido a esta carga superficial, iones de carga opuesta en la solución se atraerán hacia la superficie. Habrá por consiguiente una alta concentración de contra-iones cerca de la superficie que en el volumen del líquido (vea figura 1.1). Esta concentración se cae con el incremento de la distancia de la partícula, así que hay una capa limitada de contra-iones en la superficie de la partícula, sucedido por una capa más difusa. Más allá de la capa difusa es el volumen de la solución, en el cual la distribución iónica es aleatoria. Los movimientos de la capa limitada con la partícula son como viajes tardíos a través del medio, así que hay un plano de corte entre la capa limitada y las capas difusas. El potencial al plano de corte y el volumen de la solución es el “potencial zeta”.

El potencial zeta depende de la carga de la superficie de la partícula, y, desde esta puede determinarse más fácilmente, que carga de la superficie actual es tomada a menudo para ser una medición conveniente de carga.

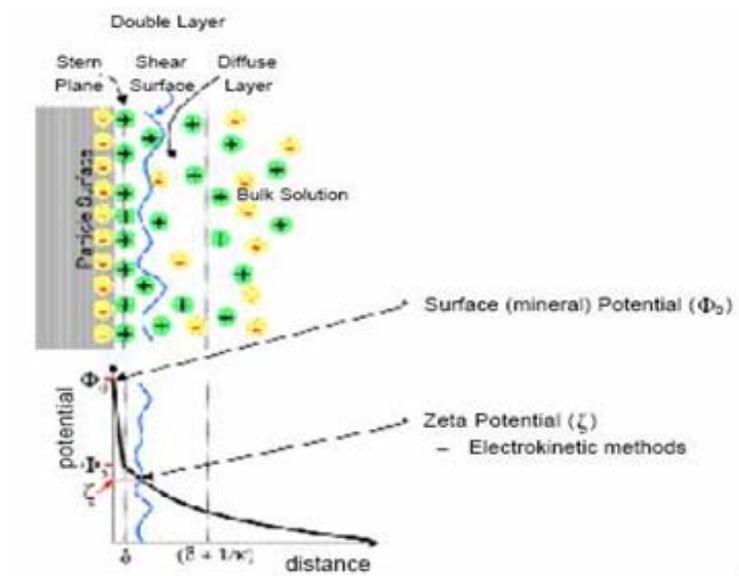


Fig. 1.1.- La doble capa eléctrica.

La mayoría de las determinaciones del potencial zeta confían en los métodos de la electroforesis, y mide la movilidad de la carga individual, partículas suspendidas, bajo la influencia de un potencial aplicado.



### 1.1.2.- Desestabilización de suspensiones.

La desestabilización de suspensiones normalmente puede lograrse por uno de estos tres métodos:

- La adición electrolita.
- La adición de iones de metal hidrolizable.
- La floculación polímera.

La adición electrolita puede provocar la coagulación (como opuesto a la floculación) por dos mecanismos. Primero, la adición de cualquier electrolito a la suspensión resultará en la condensación de la doble capa eléctrica, y una disminución del potencial zeta. La magnitud de este efecto aumenta con el incremento de la carga en el contra-ión, así que las suspensiones cargadas negativamente, cationes trivalentes ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) son más efectivos que los cationes divalentes ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ), que a su vez son más efectivos que los cationes monovalentes ( $\text{Na}^+$ ).

Segundo, los contra-iones pueden reaccionar químicamente con la superficie de la partícula y ser absorbida hacia él. La absorción específica del contra-ión resultará en una disminución de la carga de la partícula, y puede reducirlo suficientemente para habilitar acercamiento de las partículas y permitir que la coagulación de la suspensión se lleve a cabo.

En las aplicaciones mineras, la coagulación se da por cualquiera de estos métodos normalmente los resultados son la formación de flóculos muy pequeños, y lenta sedimentación.

Sin embargo, la adición de la cal es a menudo práctica, también a la etapa de floculación, o antes en el proceso del tratamiento mineral, ya que tal coagulación reduce la dosificación de floculante sintético necesario para dar el rango de sedimentación requerida.

Los iones de metal Hidrolizable (como  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ) normalmente se agregan en el rango del pH y al nivel de la concentración donde el metal hidróxido se precipita. Bajo las condiciones apropiadas, el volumen de hidróxido precipitado barre las partículas suspendidas las cuales junto con él se caen al fondo del vaso.

Este enfoque normalmente funciona bien sólo cuando hay un muy bajo nivel de sólidos suspendidos. Debido a esto, y debido a las restricciones de pH requeridas para dar un precipitado voluminoso, este modo de floculación raramente, es practicado en las aplicaciones mineras.

Los polímeros orgánicos solubles en agua son los polielectrolitos. Por consiguiente, si esta carga es opuesta en signo que la que llevan las partículas suspendidas, la adición de tal polímero a la suspensión producirá la aglomeración por la absorción del ión específico, como se describe anteriormente. Sin embargo, la acción de floculación del polímero floculante también se produce por vía "atracciones parciales de Carga", o "Puentes de Polímero".



La atracción parcial de carga ocurre cuando la superficie de la partícula está cargada negativamente, y el polímero está cargado positivamente. El polímero debe tener una densidad alta de carga - normalmente una carga catiónica a cada 4 o 5 átomos de carbono en la cadena del polímero.

Inicialmente, estos polímeros se absorben en la superficie de la partícula por atracción electrostática. Sin embargo, si, como es a menudo el caso, la densidad de la carga en el polímero es mucho más alta que la que existe en la superficie de la partícula, el polímero neutralizará todas las cargas negativas dentro de el área geométrica de la partícula en la cual esta es adsorbida, y todavía lleva un exceso de cargas catiónicas sin neutralizar. El resultado de la absorción del polímero de este tipo es la formación de cargas parciales positivas, rodeados por regiones de carga negativa. Estas cargas parciales positivas pueden entonces provocar la aglomeración a través de la atracción electrostática de áreas cargadas negativamente en la superficie de otras partículas. (Vea figura 1.2).

### La Floculación de Cargas parciales.

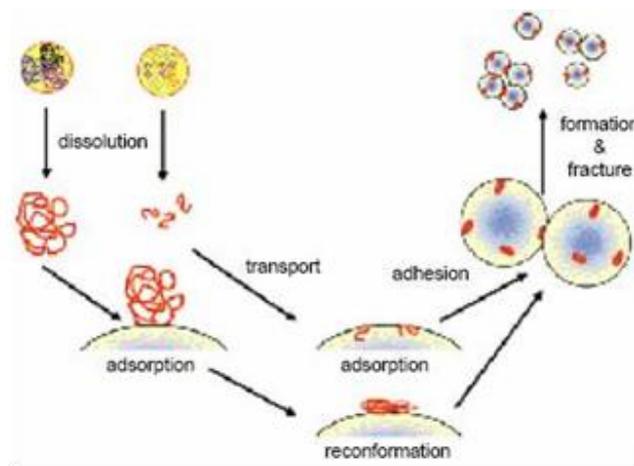
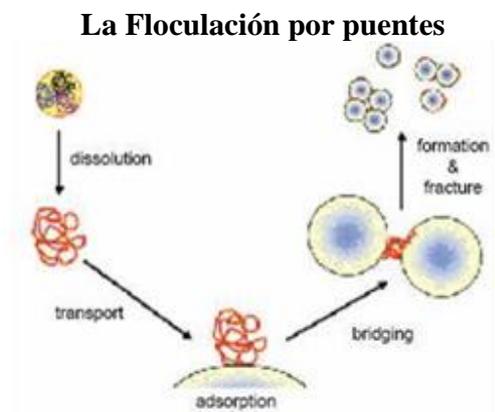


Fig. 1.2.- Neutralización de cargas parciales.

Los tipos más comunes de polímero que operan por este mecanismo son los poli aminos. Éstos son polímeros de condensación, y son relativamente bajos en el peso molecular, lo que resulta que el tamaño de los flóculos formados de esta manera sea bastante pequeño, y por lo tanto tengan una lenta sedimentación.



**Fig. 1.3.- polímero por puentes.**

El polímero por puentes se muestra esquemáticamente en la figura 1.3. El proceso probablemente tiene lugar en dos fases, el primero de los cuales involucra la adsorción de moléculas del polímero hacia partículas suspendidas individuales. El tamaño de la molécula del polímero es tal que considerables porciones de la cadena del polímero estén sueltas a la partícula. Esto produce que cualquiera de los extremos de la cadena estén suspendidos, o lazos de segmentos sin absorber que salen de la superficie de la partícula en el medio. En la segunda fase del proceso, los extremos libres, o lazos de cadenas de polímero colapsan y se adhieren a otras partículas suspendidas, formando partículas aglomeradas, o flóculos. Si las cadenas del polímero son lo suficiente largas, este puente puede llevarse a cabo fácilmente sin que ocurra la neutralización de cargas entre las partículas. Claramente, los puentes pueden llevarse a cabo solamente con polímeros de peso molecular muy alto, los cuales necesitan no llevar una carga opuesta en signo, al signo de las partículas suspendidas. La mayoría de polímeros sintéticos de este tipo son basados en la acrilamida y sus derivados como los monómeros. El modo de adsorción inicial de tales polímeros hacia una partícula suspendida varía de acuerdo a las cargas respectivas de ambos, polímero y partícula. Puede ser puramente electrostática si estas cargas son opuestas en signo. Si no, entonces otras reacciones físico-químicas pueden tener lugar. En el caso de los no iónicos poliacrilamidas, el mecanismo de absorción más probable es a través de enlaces de hidrógeno entre los átomos de oxígeno asociados con los iones de metal hidratados a la superficie de la partícula, y átomos de amido-hidrógeno en el polímero. En el caso de floculantes aniónicos y suspensiones cargadas negativamente, la adsorción también puede llevarse a cabo vía enlaces de hidrógeno. En pulpas a las cuales cal ha sido agregada, la absorción del polímero a menudo también ocurre a través del puente catión. En este modo, los iones divalentes de calcio pueden formar un puente electrostático entre la carga negativa y la superficie de la partícula, y los grupos carboxilo cargados negativamente de un acrílico-acrilamida, ácido copolímero ambos no- iónicos y los aniónicos poliacrilamidas son ampliamente utilizados en las aplicaciones de la minería. Ellos pueden fabricarse con pesos moleculares muy altos ( $5-20+ \times 10^6$ ), y así son capaces de formar flóculos grandes con buena compactación y



sedimentación rápida. Los poliacrilamidas catiónicos raramente son usados en el área de minería. Ellos normalmente son mucho menos rentables que sus colegas non-iónicos y aniónicos, debido al costo superior y el más bajo peso molecular ( $2-8 \times 10^6$ ).

### **1.1.3.- Descripción de la prueba que se realiza a los Floculantes.**

Es imposible de predecir del conocimiento teórico que floculante sintético es el mejor para utilizar en una suspensión en particular. La floculación puede ocurrir por todos los mecanismos anteriores, y suspensiones producidas de las menas de minerales son inherentemente variables en las características.

La selección de Floculante generalmente se hace en una base empírica, con alguna pre-selección basada en la experiencia. Todos los tipos de floculantes deben evaluarse para su funcionamiento relativo en la suspensión bajo la investigación.

Los criterios de funcionamiento incluyen aquéllos como el costo, el rango de sedimentación requerida, la claridad del supernadante, y requisitos de compactación. Estos criterios deben establecerse claramente antes de que cualquier trabajo de prueba se lleve a cabo, puesto que estos son muy dependientes del equipo y los requerimientos de plantas individuales.

La prueba inicial debe llevarse a cabo en el laboratorio. El principal objetivo de tal prueba es conocer el funcionamiento de cada uno de los floculantes para determinar qué producto individual es más rentable para ese substrato en particular. Sin embargo, las pruebas pueden también rendir información adicional como los rangos de dosificación aproximada requeridos para lograr el desempeño deseado de la planta, las claridades supernadantes aproximadas y sólidos de barro que pueden lograrse, y permitirá hacer la estimación de áreas del espesador requeridas.

Es importante para unos resultados buenos de laboratorio que las soluciones de floculante sean frescas cada día. Las soluciones de polímeros secos generalmente son preparadas a 0.1%. Debe usarse un mezclador el cual creará un vórtice que va al fondo de la copa. Con la mezcla vigorosa, el polvo es esparcido en el hombro del vórtice a una proporción la cual produzca la dispersión uniforme sin grumos. Se continúa con revolver a una proporción más lenta hasta que todo el floculante se disuelva, normalmente 1-2 hrs.

Las soluciones de polímeros de emulsión están generalmente preparados de 0.5-1%. También un mezclador con brazo como martinete Braun o un mezclador Waring (con transformador) deben usarse para mezclar la suspensión. Con el mezclador funcionando, la emulsión se lanza en chorrillo rápidamente con una jeringa en el vórtice. Después de la mezcla inicial de no más de 6-10 segundos con el Braun o la mezcladora waring, transfiera la solución del polímero a un frasco verificador equipado con tres palas de pulgada y continúe revolviendo de 30-60 minutos a 100-200 r.p.m. Además prepare la



---

---

## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

---

---

dilución de estas soluciones del polímero a aproximadamente 0.05% o más baja para la comprobación actual es mejor.

Para aplicaciones de sedimentación, la prueba del cilindro estándar es generalmente utilizada. El substrato de la mezcla se pone en un cilindro graduado (500-1000 ml) y la dosis del polímero deseada se agrega como una solución diluida. Para un mezclado bueno, utilice un agitador, aplicando de 6-10 golpes moderados de arriba abajo. Mezcle de 15-20 segundos aproximadamente para asegurar la dispersión completa entre el fondo y la cima de la suspensión. Para las aplicaciones de polímeros duales, el primer polímero es agregado y mezclado vigorosamente en el substrato, seguido por la agregación del segundo polímero con un mezclado más moderado con el agitador. En el caso de las lamas que forman flóculos frágiles, el procedimiento debe modificarse para dar un mezclado más moderado.

Es muy importante que las técnicas de mezclado sean uniformes a lo largo del procedimiento de toda la prueba. La variación en los métodos de mezclado puede ser una fuente mayor de resultados inciertos y pobres reproducciones de pruebas de sedimentación. Después el polímero se mezcla dentro del substrato, el agitador es retirado y se mide el tiempo para que la línea de interfase caiga a una distancia especificada. Después de un tiempo conveniente para sedimentarse, una muestra del líquido del supernadante puede ser quitado con una pipeta o jeringa para medir la claridad. Las variables que pueden afectar la dosificación del polímero y los rangos de sedimentación incluyen la composición mineralógica, la dimensión de las partículas de los minerales constituyentes, el pH, temperatura, volumen de los sólidos, y la química del agua.

La comprobación subsecuente con el floculante seleccionado debe llevarse a cabo en la planta. Durante esto, debe tenerse presente que los floculantes sintéticos pueden usarse a menudo más eficazmente como una variedad de soluciones diluidas a (0.01-0.05%), y, en muchos casos, funcionan mejor cuando son agregados simultáneamente a varios puntos a lo largo de la canaleta o tubería de alimentación. Los flóculos formados por los floculantes aniónicos y cargados negativamente en partículas suspendidas son frágiles, y se romperán si el mezclado es muy fuerte. Por lo que el mezclar adecuadamente es vital para un uso eficaz del floculante, La variación de los puntos de adición para obtener los resultados óptimos forman una parte esencial de las pruebas en la planta.



## **1.2.-PRUEBAS DE SEDIMENTACIÓN Y CLARIFICACIÓN A NIVEL LABORATORIO.**

De acuerdo al plan de querer espesar los jales y poder depositar en presa de jales; además de la necesidad de recuperar agua cerca de la planta, se realizó una visita al campo (Presa de Jales) observando la posibilidad del uso de un Clarificador-Espesador E-CAT. Posterior al recorrido a las presas en cuestión se pudo revisar el posible lugar en donde pudiera ser ubicado el equipo para conseguir los beneficios y/o ventajas de éste (derrame de clarificado por gravedad a planta y descarga de sólidos por gravedad a presa); se detectó un posible lugar que se ve conveniente para lograr lo anterior (cerca del tanque de diesel junto al camino). Posteriormente se tomó una muestra de pulpa para poder realizar las pruebas preeliminares de laboratorio y para verificar los resultados que en un análisis anterior se obtuvieron. Se determinó cuál sería el siguiente paso (después de las pruebas de laboratorio) y realizar las pruebas con planta piloto.

La realización de las pruebas de laboratorio se llevaron a cabo con una similitud a las anteriores, encontrándose algunas diferencias en el comportamiento del material a sedimentar (especialmente en la obtención del clarificado) ya que originalmente se habían obtenido mejores velocidades de sedimentación y clarificado con el CIBA 342 y ahora no funcionó de la misma manera; quedando el siguiente probado CYTEC N300; el cuál presentó los mejores resultados.

Se realizaron pruebas de dilución para los jales de la planta, encontrándose que no se requiere esta aplicación de acuerdo a la naturaleza del material. Posteriormente se realizaron las pruebas para determinar el tipo, alimentación y consumo de floculante apropiado véanse figuras (1.4, 1.5, 1.6, y 1.7).

Finalmente se realizó una prueba en probeta con las condiciones óptimas obtenidas en las pruebas para poder tener la referencia de estos resultados en la realización de las pruebas en la planta piloto.



CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

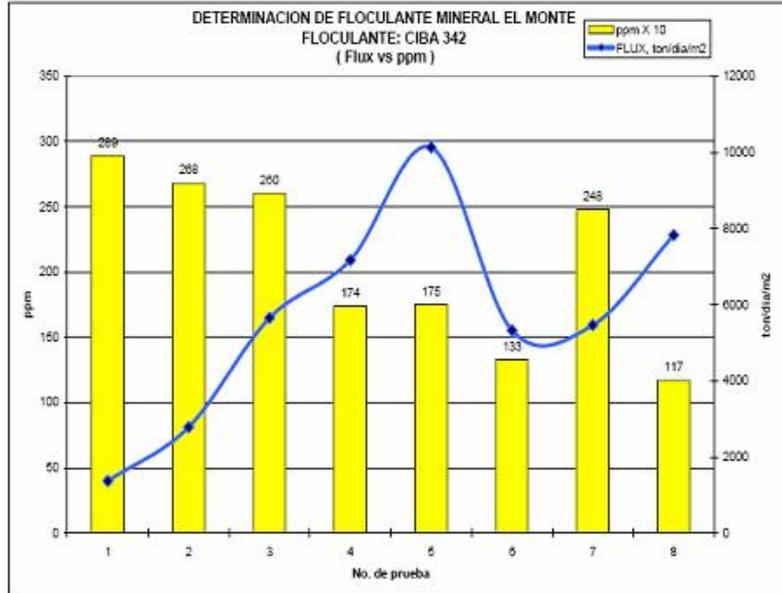


Fig. 1.4.- Flocculante tipo Ciba 342 con el cual se observó buenas velocidades de sedimentación pero el clarificado del agua no fue lo que se esperaba con respecto al análisis anterior.

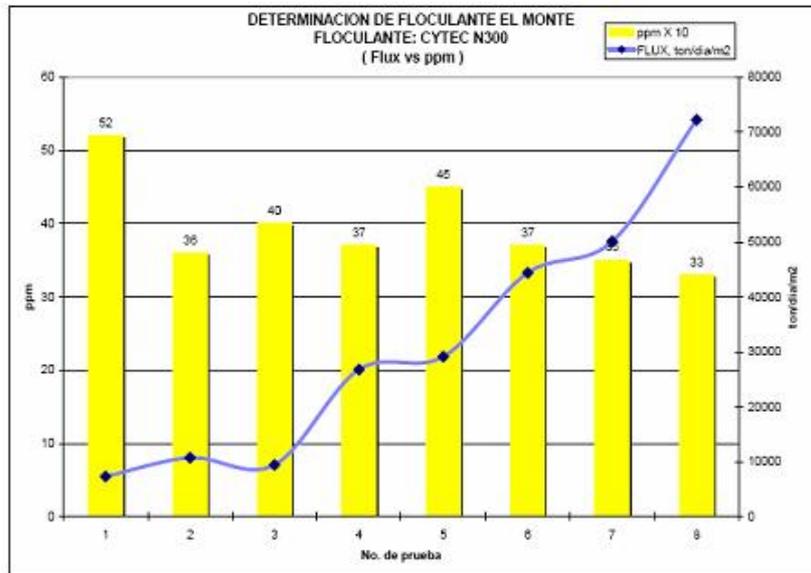


Fig. 1.5.- Flocculante tipo Cytec N300 arrojó resultados de velocidad de sedimentación muy buenos y calidad de clarificado del agua alta.



CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

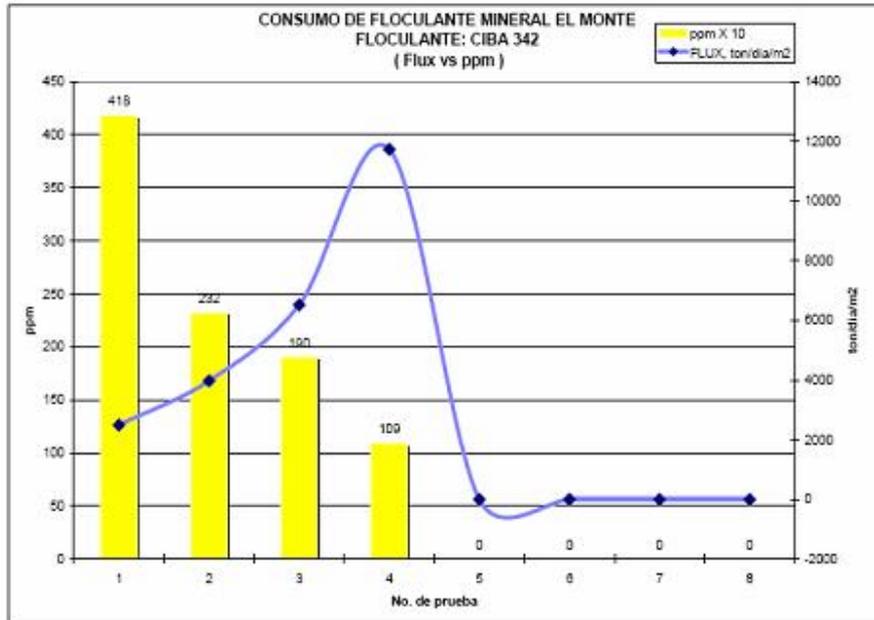


Fig. 1.6.- Consumo de floculante tipo Ciba 342.

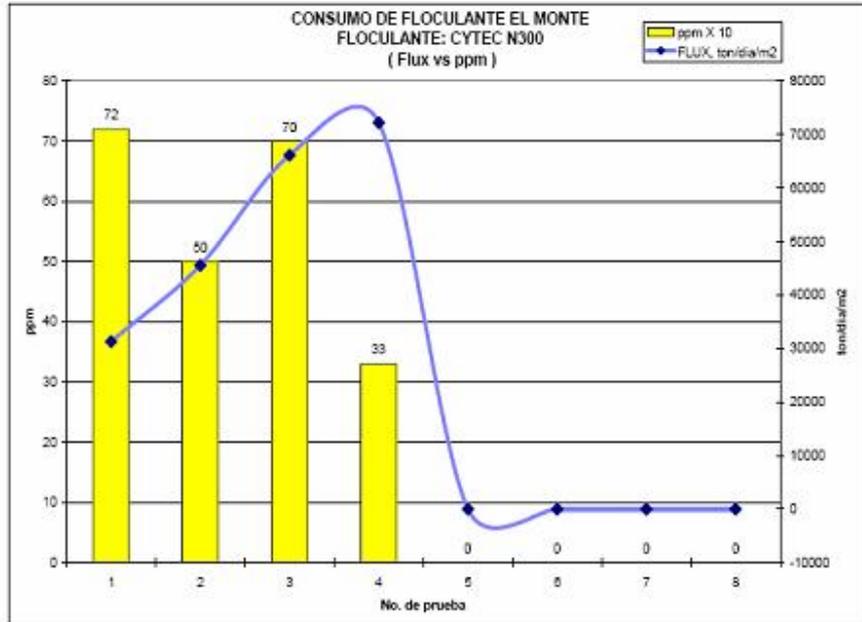


Fig. 1.7.- Consumo de floculante tipo Cytac N300.



### **1.3.- PRUEBAS DE SEDIMENTACIÓN Y CLARIFICACIÓN EN CAMPO CON PLANTA PILOTO E-CAT.**

Se instaló una unidad piloto en la planta con la finalidad de simular la operación del Clarificador-Espesador con la pulpa de las colas finales de flotación y ver el comportamiento del floculante.

Al tenerse en condiciones de operar se tomó la muestra del cajón de colas finales de la planta y se integraron los parámetros iniciales obtenidos en las pruebas de laboratorio.

La operación del E-CAT se estabilizó inmediatamente, por lo que se pudo estar tomando pruebas de medición continua a partir de que se obtuvo el derrame de agua y descarga de sólidos.

El comportamiento del mineral a sedimentarse fue similar a lo esperado y únicamente se concretó en estabilizar el consumo de floculante y alimentación de pulpa para dejar en condiciones para los siguientes días de pruebas.

A continuación se presenta los resultados que se obtuvieron durante estos tres días de pruebas en la planta ya con mineral suministrado de las colas finales de flotación.

En la siguiente figura 1.8 se muestran los resultados que se obtuvieron en el primer día de pruebas con la planta piloto en donde aparecen el tipo de mineral que se estaba procesando, la velocidad de sedimentación promedio, el consumo de floculante (11 grs/ton en promedio) y el grado de turbidez (31 ppm promedio ) entre otros.

La operación durante el primer día de pruebas del equipo nos presentó una descarga de sólidos entre 63 a 64% en peso, obteniéndose una depositación de jal al piso de la planta en donde se observó una compactación inmediata, además de una buena salida del líquido (agua) por las laderas de los montones formados.

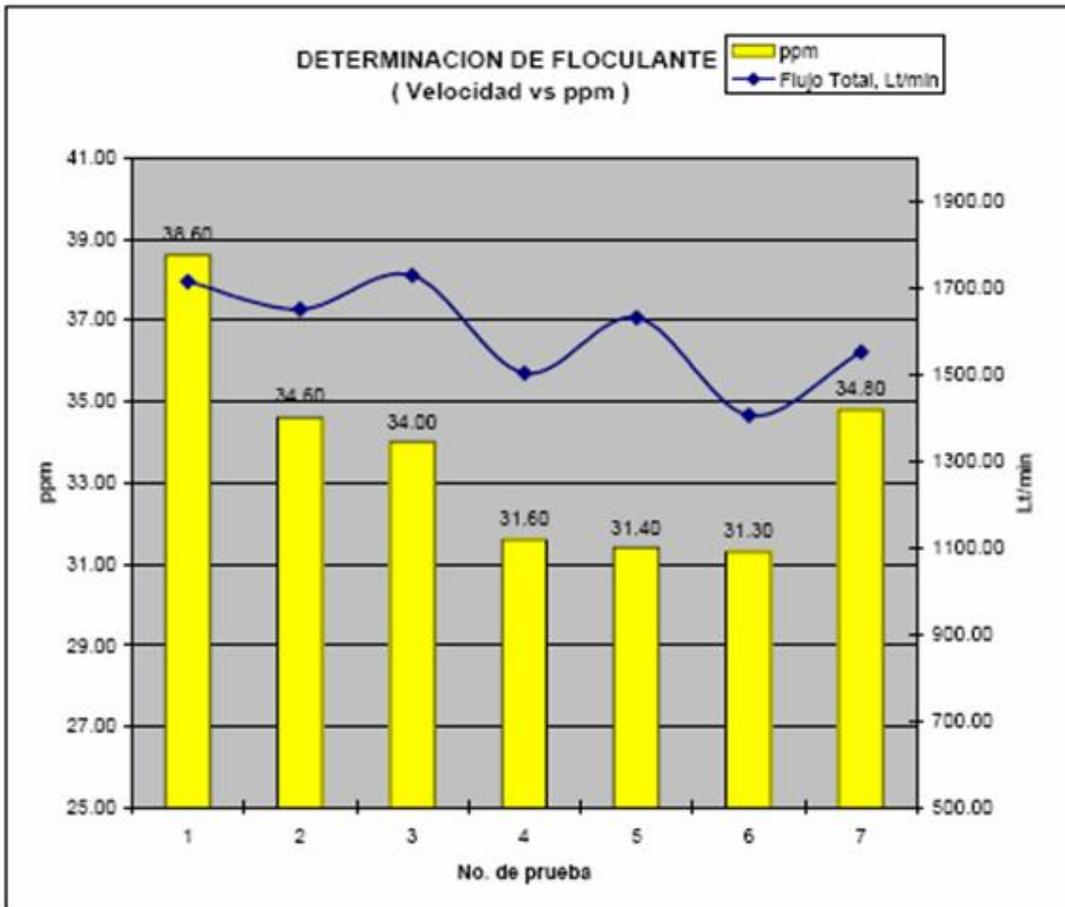


## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

MINERAL : EL MONTE

PRUEBA NÚMERO 1

MUESTRAS	1	2	3	4	5	6	7
FLUJO TOTAL (lt/Min)	1714.00	1649.00	1728.00	1503.00	1631.00	1405.00	1551.00
% WT SÓLIDOS DE ALIMENTACIÓN	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
DENSIDAD DE LA PULPA	1.1688	1.1688	1.1688	1.1688	1.1688	1.1688	1.1688
DÓSIS DE FLOCULANTE ( gts/mton)	14.97	15.56	14.85	12.2	11.24	7.94	7.19
CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE (gts/lit)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
VOLUMEN DE FLOCULANTE (ml/min)	60000	60000	60000	42857	42857	26086	26086
CLARIFICADO TURBIDEZ (ppm)	38.70	34.60	34.00	31.60	31.40	31.30	34.80



**Fig. 1.8.- Información que arrojó el primer día de pruebas con la planta piloto del E- CAT.**



Fig.19.- Zona de compresión, desalojo de agua y derrame del E-CAT en el primer día de pruebas con una turbidez de 34 ppm.



Fig. 1.10.- Descarga de sólidos del E- CAT con una concentración del 63% y vista superior del supernadante del tanque.



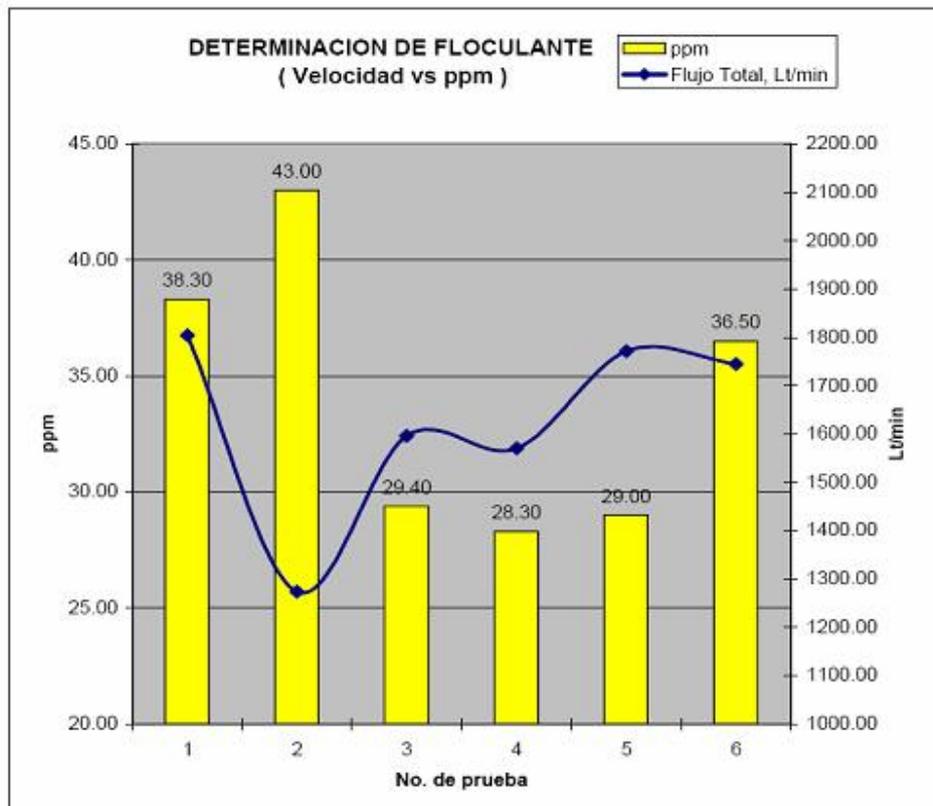
**CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT**

El segundo día de pruebas arrojó la siguiente información, se inició la prueba en forma continua, todavía con el mineral de El Monte, en este caso se pudo observar que el comportamiento fue similar al del día anterior, ya que el consumo de floculante quedó en 11.7 grs/ton y con una velocidad de sedimentación buena, el derrame del clarificado en 28.3 ppm considerando un promedio en la muestra # 4. La descarga de sólidos se estableció en un promedio de 64 – 65%. Se observó el mismo comportamiento del día anterior en lo que respecta a la depositación de jal en el piso de la planta, se realizaron varias mediciones sobre el ángulo del depósito del material.

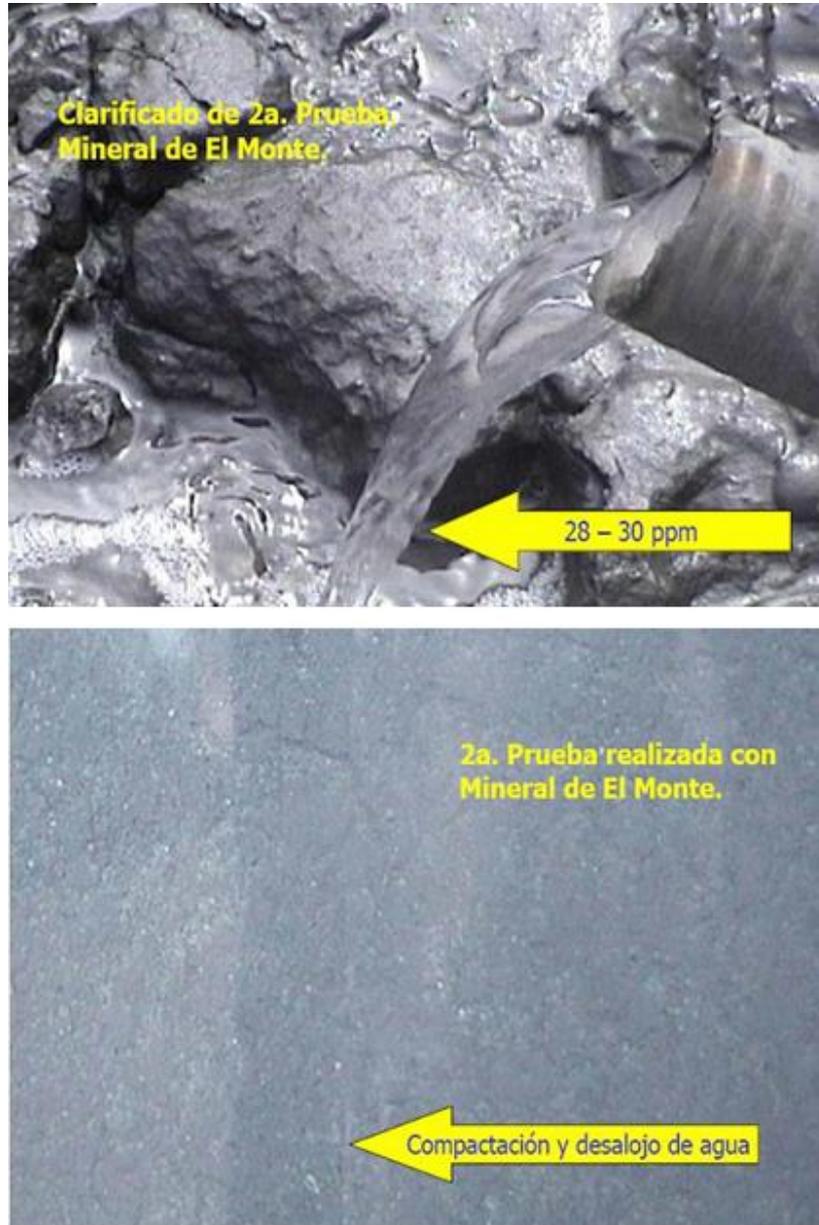
MINERAL: EL MONTE

PRUEBA NÚMERO 2

MUESTRAS	1	2	3	4	5	6
FLUJO TOTAL (lts/Min)	1804.00	1274.00	1596.00	1570.00	1771.00	1745.00
% WT SÓLIDOS DE ALIMENTACIÓN	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
DENSIDAD DE LA PULPA	1.1688	1.1688	1.1688	1.1688	1.1688	1.1688
DÓSIS DE FLOCULANTE ( grs/mton)	8.37	11.85	11.49	11.68	10.35	10.51
CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE (grs/l)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
VOLUMEN DE FLOCULANTE (ml/min)	35294	35294	42857	42857	42857	26086
CLARIFICADO TURBIDEZ (ppm)	38.30	43.00	29.40	28.30	29.00	36.50



**Fig. 1.11.- Información que arrojó el segundo día de pruebas con la planta piloto del E-CAT.**



**Fig.1.12.- Derrame del E- CAT con una claridad de 28-30 ppm. y Zona de compactación y desalojo de agua en el segunda día de pruebas.**



Fig. 1.13.- Descarga del tanque E- CAT con una concentración de 64% de sólidos y panorámica del efecto de la floculación en dicho tanque.



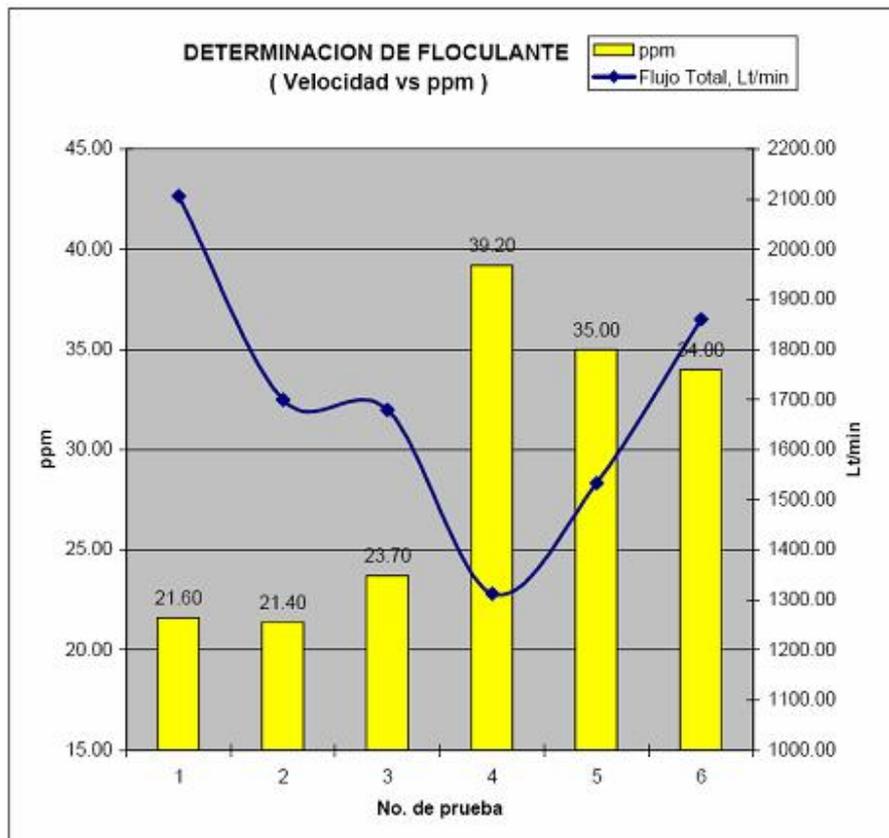
**CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT**

El tercer día de pruebas se realizó considerando la alimentación del mineral de El Carrizal mezclado con El Monte en donde se observó una diferencia en la forma de la floculación, sedimentación y compresión; los resultados se muestran en la siguiente figura 1.14, en donde tenemos como muestra representativa promedio la # 3 con 24 ppm, teniéndose en la descarga 64-65% de sólidos; a pesar del cambio de mineral y que al término de la prueba se estuvo recibiendo exclusivamente el de carrizal, podemos ver que el comportamiento es similar y puede absorber cualquier cambio del mineral a ser sedimentado y clarificado.

MINERAL : EL MONTE CON CARRIZAL

PRUEBA NÚMERO 3

MUESTRAS	1	2	3	4	5	6
FLUJO TOTAL (lts/Min)	2106.00	1700.00	1679.00	1313.00	1533.00	1860.00
% WT SÓLIDOS DE ALIMENTACIÓN	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
DENSIDAD DE LA PULPA	1.1688	1.1688	1.1688	1.1688	1.1688	1.1688
DÓSIS DE FLOCULANTE ( grs/mton)	8.71	10.78	10.92	13.96	11.96	9.86
CONCENTRACIÓN DE FLOCULANTE (grs/lb)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
VOLUMEN DE FLOCULANTE (ml/min)	42857	42857	42857	42857	42857	42857
CLARIFICADO TURBIDEZ (ppm)	21.60	21.40	23.70	39.20	35.00	34.00



**Fig. 1.14.- Información que arrojó el tercer día de pruebas con la planta piloto del E- CAT.**



Fig. 1.15.- Zona de compresión y desalojo de agua ya con la mezcla de los dos minerales Monte y Carrizales además de la vista de la parte superior del E-CAT donde es agregado el floculante y el agua recuperada es canalizada hasta la tubería de derrame.



## CAPÍTULO 2.- INSTALACIÓN DEL CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT.

### 2.1.- Instrucciones de instalación.

Las dimensiones de este clarificador-espesador se realizaron con base a los datos técnicos proporcionados y con base a la realización de pruebas a nivel laboratorio y de planta piloto realizadas en la planta.

Las partes que comprenden esta propuesta son las siguientes:

- Un tanque de 5 metros de diámetro y 11.8 metros de altura con un cono de 60° en la sección de abajo.
- Puente de acero al carbón para soporte del sistema de conos.
- Soporte de los conos desde el puente.
- Tubo de alimentación desde fuera del tanque al pozo de alimentación.
- Un pozo de alimentación cilíndrico de acero al carbón.
- Placa de soporte de acero al carbón para el clarificado de los cilindros entre el pozo de alimentación y la pared del tanque.
- Cilindros para clarificar en polipropileno soportados por los platos de soporte entre la pared del tanque y el pozo de alimentación.
- Sensor / transmisor del nivel de la cama.
- Un densímetro meter/transmitter en la línea de alimentación y bajo flujo.
- Un flujómetro ultrasónico meter/transmitter en la línea de alimentación.
- Pintura epóxica interna y externa.
- Panel de control.

Por fuera el E-CAT cuenta con un tanque cilíndrico profundo equipado con un cono inclinado en el fondo. Por dentro, filas anulares de cilindros clarificadores y el pozo de alimentación rodeado por una columna central recircular y conos de desecación que van desde la cima de la zona de compactación hasta el pozo de alimentación. No se requiere mecanismo de arrastre para mover o descargar los sólidos suministrados para la mayoría de las aplicaciones. Una unidad de arrastre opcional para el E-CAT está disponible para aquellas aplicaciones de servicio muy difíciles como arenas de mineral y volúmenes de lodos altos.



### 2.1.1.-Instalación de los soportes para el tanque Clarificador-Espesador.

1. Revise los pernos del ancla para el tamaño especificado, colocación, proyección y orientación, como está especificado en el arreglo general y en los dibujos generales de erguimiento.
2. Instale las tuercas niveladoras mas bajas. Utilizando las anotaciones del topógrafo, coloque las tuercas niveladoras para la altura especificada del cuele por la cara de encima. Esas tuercas niveladoras son utilizadas para nivelar y emparejar las piernas del tanque antes de la mampostería.
3. Las piernas del tanque, con la base de placas, las abrazaderas de soporte del tanque superior, y la cruz aseguradora de la pierna son enviados sueltos. Instale primero la pierna (no.1) de soporte del tanque encima de los pernos de anclaje y sobre las tuercas niveladoras. Ajuste la pierna de soporte para escuadrarla usando las tuercas niveladoras, después instale apriete fuerte las tuercas de anclaje superiores. No aplique torque final a las tuercas de anclaje superior.
4. Instale la segunda pierna de soporte del tanque encima de los pernos de anclaje y sobre las tuercas niveladoras. Ajuste la pierna de soporte (no. 2) para nivelarla utilizando las tuercas niveladoras, después instale, pero no asegure las tuercas de anclaje superior.
5. Continué con la instalación de las piernas de soporte restantes (nos. 3 a 6) utilizando el mismo procedimiento anterior.
6. Revise que las piernas estén aseguradas, niveladas y escuadradas una con otra.
7. Instale todos los refuerzos de cruz en medio de las piernas de soporte, como se muestra en el arreglo general y en los dibujos generales de erguimiento, solo por esta vez una con soldadura.  
  
Nota: No ponga soldadura final en la cruz de refuerzo en ese momento.
8. Revise que las piernas estén aseguradas, niveladas y escuadradas una con otra. Ajuste si se requiere, cortando los puntos de soldadura y soldando otra vez cuando el ajuste se haya completado.
9. Apriete finalmente las tuercas superiores de los pernos de anclaje.
10. Revise alineación y cuadratura, después termine de soldar la cruz de refuerzo, como se especifica en los dibujos.

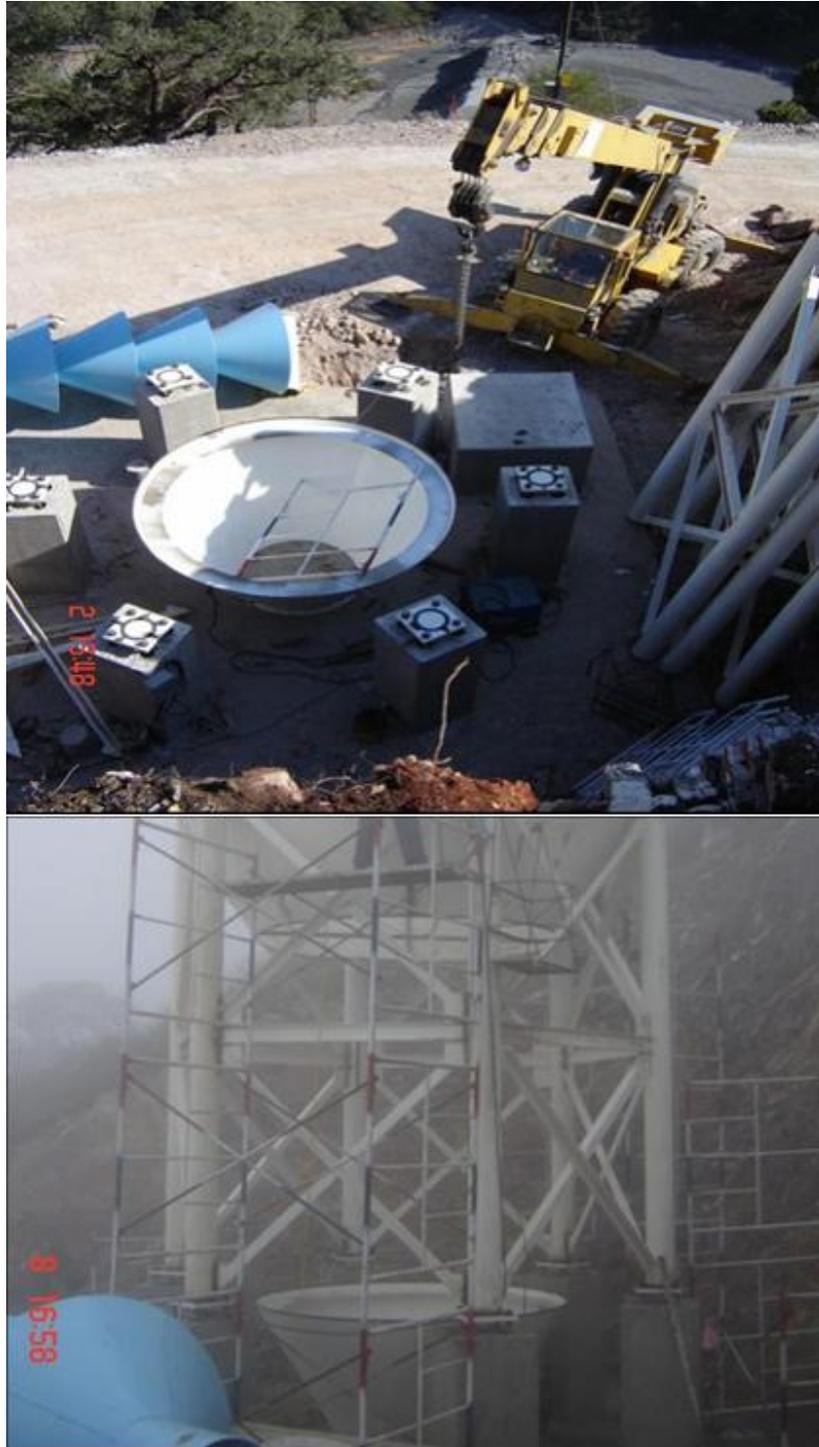


Fig. 2.1.- Base para el anclaje de las piernas y las piernas una vez que han sido instaladas y soldadas.



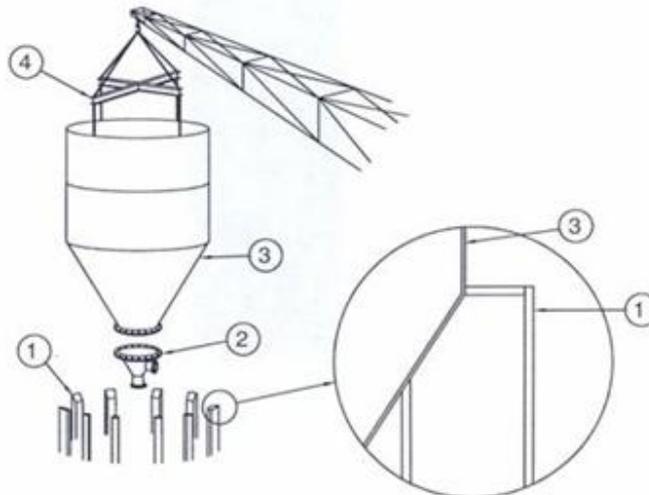
### 2.1.2.-Ensamble del tanque.

Nota: La cubierta del tanque fue preensamblado para facilidad del fabricante después se corto en secciones para el envío, como se muestra en el arreglo general y en los dibujos generales de erguimiento.

11. levante la brida ensamblada de fábrica en la parte mas baja del cono (2) dentro del centro del círculo de la pierna de soporte y coloque a lado para erguirla a su debido tiempo.
12. De acuerdo al arreglo general y a los dibujos de erguimiento general, ensamble las secciones en la tierra, soldando como se especifica en los dibujos. Utilice puntos cuando se requiera según el progreso de ensamble.

Nota: Las secciones del tanque pueden ser ensambladas en tierra en la posición normal de operación o a la inversa. Si el tanque es ensamblado a la inversa, se necesitarán dos grúas para levantar y girar al tanque dentro de la operación normal una acción prioritaria es levantar y colocar el tanque en la estructura de apoyo del tanque.

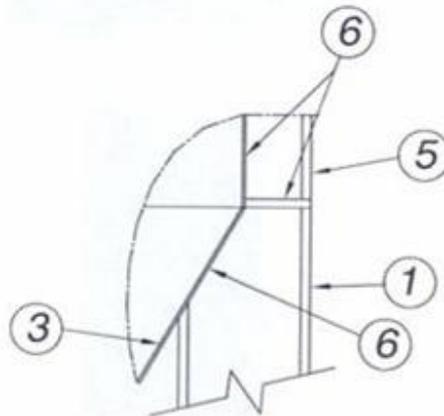
13. Todos los puntos a soldar en el ensamble del tanque deben de estar perfectamente soldados, de acuerdo a los dibujos. Toda la soldadura debe ser resistente al agua y conforme a las especificaciones de API 650 o API 620 (El estándar del Instituto Americano del Petróleo, última edición). Ponga especial atención para evitar la torcedura o pandeo de las placas.



**Fig. 2.2.- Instalación del tanque 1: Piernas de soporte del tanque; 2: Brida del cono inferior; 3: Pared del tanque ya ensamblada; 4: Viga distribuidora**



14. Utilice la viga distribuidora y la grúa para el levante del tanque y colocarlo en las estructuras de apoyo. Vea figura 2.2.
15. Una con soldadura la estructura del tanque a las piernas de apoyo, como se muestra en la figura 2.3, revise que el tanque este nivelado. Ajuste, como se requiera, después una con soldadura la estructura del tanque a las piernas de apoyo como se especifica en los dibujos generales de erguimiento.
16. De acuerdo al dibujo general de erguimiento y a la figura 2.3, coloque las extensiones de los soportes (5) sobre dichos soportes (1) y contra la estructura del tanque (3). Una con soldadura como se especifica.



**Fig. 2.3.- Puntos donde se debe soldar 1: Piernas de soporte del tanque; 3: Estructura del tanque; 5: Extensión del soporte del tanque; 6: Soldar, como se especifica.**

17. Levante la sección del cono y, utilizando la junta y los sujetadores especificados, ensamble a la brida de la estructura del tanque, Apriete el cono montando pernos iguales colocados en forma de cruz a lo largo del diámetro para asegurar la compresión igual y sellar completamente. Apriete (manualmente) solamente hasta sellar perfectamente.
18. Coloque mampostería debajo de las piernas de soporte del tanque, utilice un tipo de mampostería que no se encoja. Permita que la mampostería seque perfectamente.



CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT



Fig.2.4.- Partes del cilindro que formará el exterior del tanque E-CAT.

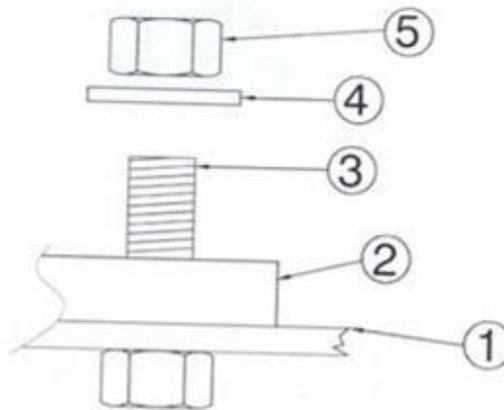


Fig. 2.5.- Instalación del tanque Clarificador-Espesador E-CAT.



### 2.1.3.- INTERIORES DEL TANQUE Y LA ESTRUCTURA DEL SOPORTE SUPERIOR.

19. De acuerdo al arreglo estándar de la canaleta y detalles del dibujo, localice e instale las placas de la canaleta y las placas de soporte, una con soldadura, como se especifica, no instale el cajón de derrame en ese momento.
20. Coloque la tubería de desecación en el tanque, soportándolo con el bloque temporal.
21. Coloque el cilindro de alimentación en el tanque, alrededor de la tubería de desecación.
22. Coloque la estructura del soporte superior en la posición sobre el tanque, asegúrese de centrar la estructura del soporte superior debe colocarse directamente alrededor del centro del tanque. Una con soldadura la estructura del soporte superior al tanque, como se especifica en el dibujo general de erguimiento.
23. Levante la tubería de desecación y colóquela en la estructura de soporte superior utilizando las cadenas. De acuerdo al dibujo general de erguimiento.
24. Levante el cilindro de alimentación, ajustándolo para concentrarse en el centro del tanque, y colóquelo en la estructura de soporte superior, soldándolo como esta especificado.
25. Instale los ángulos de soporte de la placa de la rejilla al cilindro alimentador y a la estructura del tanque e instale los canales de soporte de la placa de la rejilla, como se muestra en la rejilla, alimentador y el arreglo de la estructura de acero y los dibujos de detalles, soldando como se especifica. Los ángulos de soporte en el alimentador y el tanque deben de estar nivelados y a la misma elevación.
26. Instale las placas de la rejilla, soldándolos en el soporte del marco, el ángulo de soporte del alimentador, el ángulo interno de la pared del tanque, cada uno, como está especificado.
27. Coloque los cilindros clarificadores en la rejilla para dichos cilindros, como se muestra en el erguimiento y base o rejilla general, alimentador y arreglo de la estructura de acero y dibujos de detalle.
28. De acuerdo a la figura 2.6, asegure los cilindros clarificadores a las placas de la rejilla, utilizando las tuercas y rondanas especificadas.



**Fig. 2.6.- Forma de instalar los cilindros clarificadores 1: Placa de la rejilla; 2: Pestaña del cilindro clarificador; 3: Tornillo unido a la rejilla; 4: Rondana; 5: Tuerca.**

29. De acuerdo al arreglo estándar y dibujos de detalle de la canaleta, instale el cajón de descarga y su soporte, soldando como se especifica. Cubra los cilindros clarificadores, como se requiera, para protegerlos de las rebabas de soldadura u otros trabajos relacionados que puedan dañarlos.
30. Oriente y corte las aperturas de las entradas para la tubería de alimentación en la pared del tanque y el alimentador. Instale la tubería de alimentación con placas reforzadas, como se muestra en los dibujos del arreglo general de erguimiento, soldando como está especificado.
31. Oriente y corte la apertura para la tubería de salida en la pared del tanque al cajón de derrame (si se requiere). Instale la tubería de salida con placa reforzada, como se muestra en los dibujos del arreglo general de erguimiento, soldando como está especificado.
32. Realice los barrenos restantes necesarios, como se requiera, incluyendo anillos reforzados, si se especifica. Utilice la pieza a ser soldada como una plantilla para marcar el tamaño y la forma del barreno que se requiere sobre la pared del tanque, después corte el barreno de acuerdo a la marca. Los barrenos o aperturas deben ser exactos y los bordes de los agujeros deben estar lisos. Todos los artículos deben ser cuidadosamente orientados y posicionados, y los agujeros de la pared deben estar nivelados y a una elevación específica.



---

---

## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

---

---

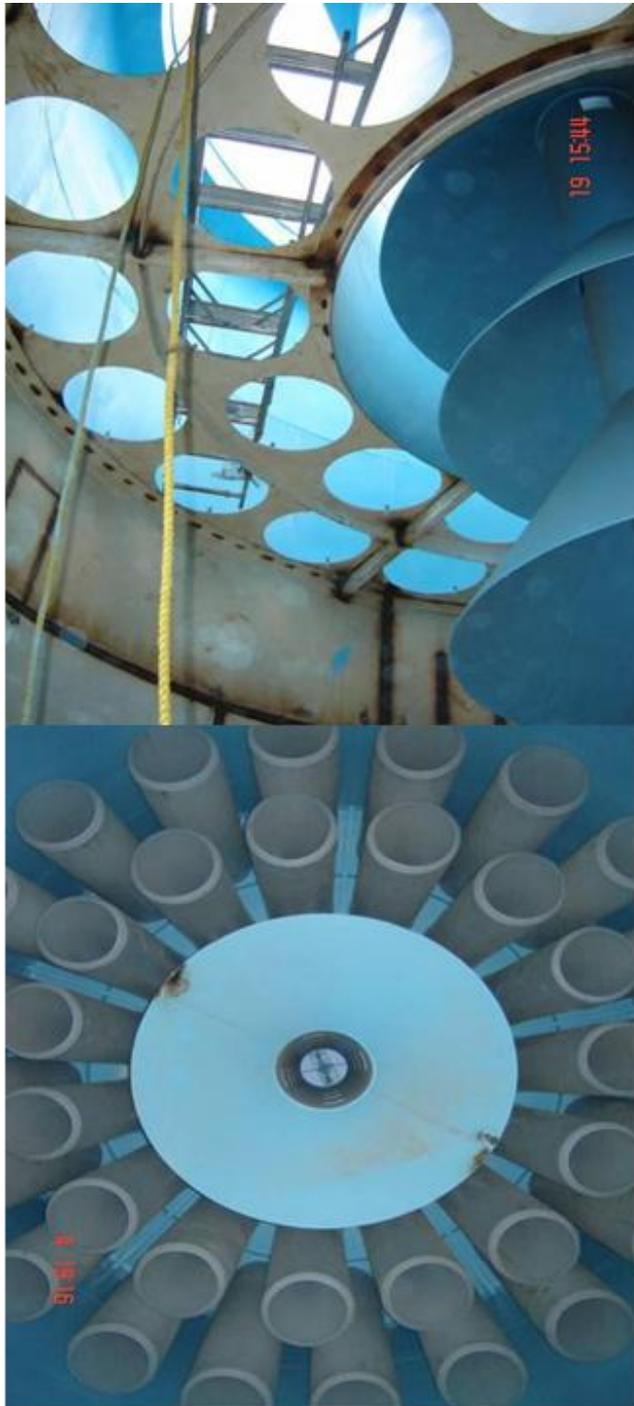
33. Instale las placas del vertedero y píntele, como se muestra en el arreglo general de erguimiento y en el arreglo estándar de la canaleta y los dibujos de detalle, colocando cada placa del vertedero en el medio de sus rangos de ajuste. Las placas del vertedero deben estar a nivel todo alrededor. Ajuste como sea necesario y asegure los broches. Si las placas del vertedero no encajan al mismo nivel que la canaleta, aplique un sellador adecuado, entre la canaleta y la cima y/o debajo de las placas del vertedero. Esto es para prevenir derrame cuando el tanque este lleno. Esto es únicamente una recomendación.
34. De acuerdo a los dibujos para la instalación de las tuberías y a las instrucciones del fabricante para la instalación de válvulas, bombas, etc. Utilice juntas en todas las conexiones de las bridas.
35. Remueva todo lo que obstruya, abrazaderas y niveles utilizados en la instalación del E-CAT clarificador espesador. Quite toda la chatarra y objetos extraños del tanque E-CAT y de las tuberías.
36. Pruebe el tanque con agua.
37. Complete toda la preparación de la superficie y pinte dicha superficie, como se requiera.
38. Llene el tanque al volumen necesario y ajuste las placas del vertedero para adaptarse a los requerimientos del proceso.
39. Después de completar la instalación del equipo, una revisión final de los equipos debe ser hecha por un ingeniero del proveedor para preparar el arranque del equipo.



Fig. 2.7.- Cilindros clarificadores y la tubería con los conos de desecación.



Fig. 2.8.- Pozo de alimentación y la canaleta para el derrame de agua.



**Fig. 2.9.- Instalación de la rejilla de los cilindros clarificadores y una vista desde el fondo del cono del tanque E-CAT.**



Fig. 2.10.- Ensamble de los cilindros clarificadores y los conos de desecación.



Fig. 2.11.- Tanque Clarificador-Espesador E- CAT una vez que ha sido ensamblado.



#### **2.1.4.- SISTEMA DE CONTROL DE PROCESO DEL CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT.**

Aunque los dispositivos incluyen manual de instalación en ocasiones es necesario adaptarlos al lugar en donde debe operar el tanque en un ambiente controlado y más cómodo para el personal de control de la aplicación.

Por lo que se instaló un cuarto de control en el que estarán todos los dispositivos de control para un mejor manejo de la operación y a su vez para mayor seguridad de la instalación.

Es imprescindible, en interior o en exterior, montar los dispositivos en una zona en que:

- se garantiza la conformidad con las especificaciones de la unidad,
- hay suficiente espacio para poder abrir la tapa de la caja de la unidad de control y efectuar las conexiones necesarias fácil y rápidamente,
- haya acceso a la pantalla para visualizar la lectura,
- no haya vibraciones.

Evitar montar la unidad:

- directamente bajo la luz directa del sol (de otra forma, instalar una pantalla)
- cerca de fuentes de alta tensión o alta intensidad, contactores, y sistemas de mando SCR

Los instrumentos de medición y control son la base de operación del clarificador-espesador. Por tanto, es importante colocarlos de forma que puedan efectuar medidas fiables y válidas.

En algunos casos puede ser necesario cambiar la ubicación de algunos instrumentos por motivos prácticos, relacionados con la estructura del clarificador.

Conexiones.

Antes de cualquier conexión de los sistemas de control, asegurarse de que cada sistema ha sido correctamente instalado, de acuerdo con las instrucciones proporcionadas en su manual. Conectar todas las mallas de los cables a las conexiones con mallas (SHLD) de los dispositivos. Para evitar cualquier doble puesta en tierra, no conectar las tierras de las mallas a otro lugar distinto de las conexiones en donde se ha previsto dicha instalación. Aislar (con cinta aislante) el trazado de las uniones para evitar doble puesta en tierra.

Conecte los cables eléctricos y controles, como se requiera siempre y cuando todas las conexiones de cables sean de acuerdo a los códigos eléctricos locales, y deben ser instalados por personal especializado, cualificado e identificado con los dispositivos.

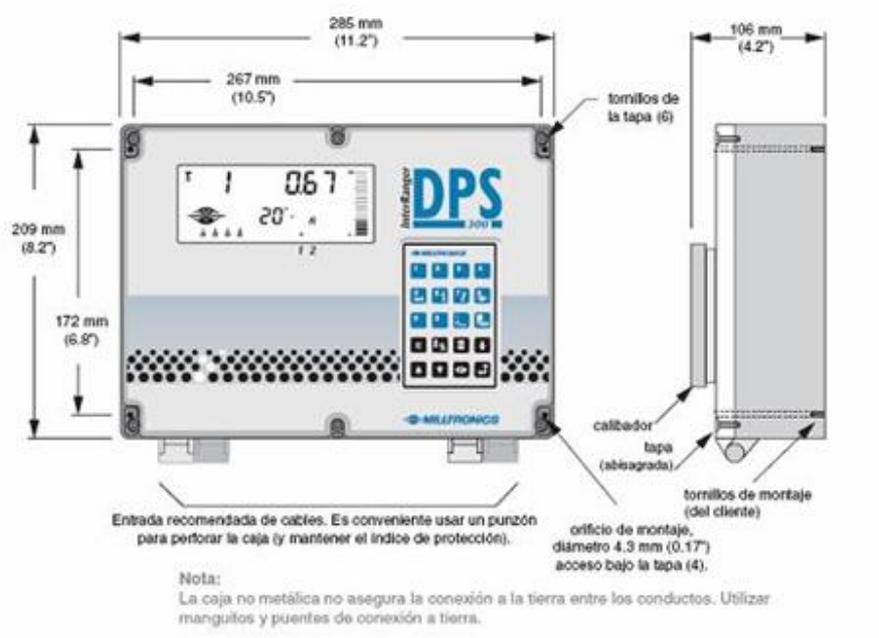
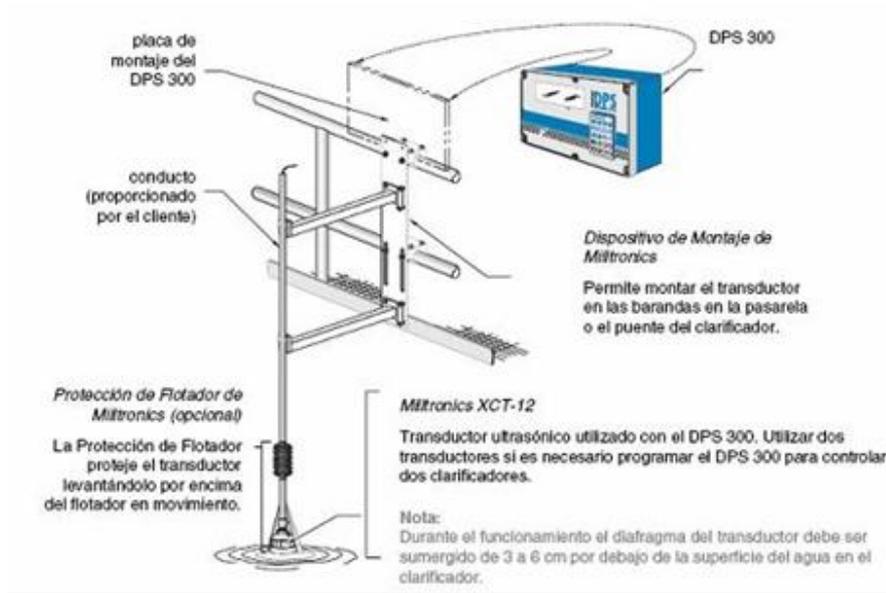


Fig. 2.12.- Ubicación opcional del medidor de nivel y el transductor de interfase de lodos.



CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

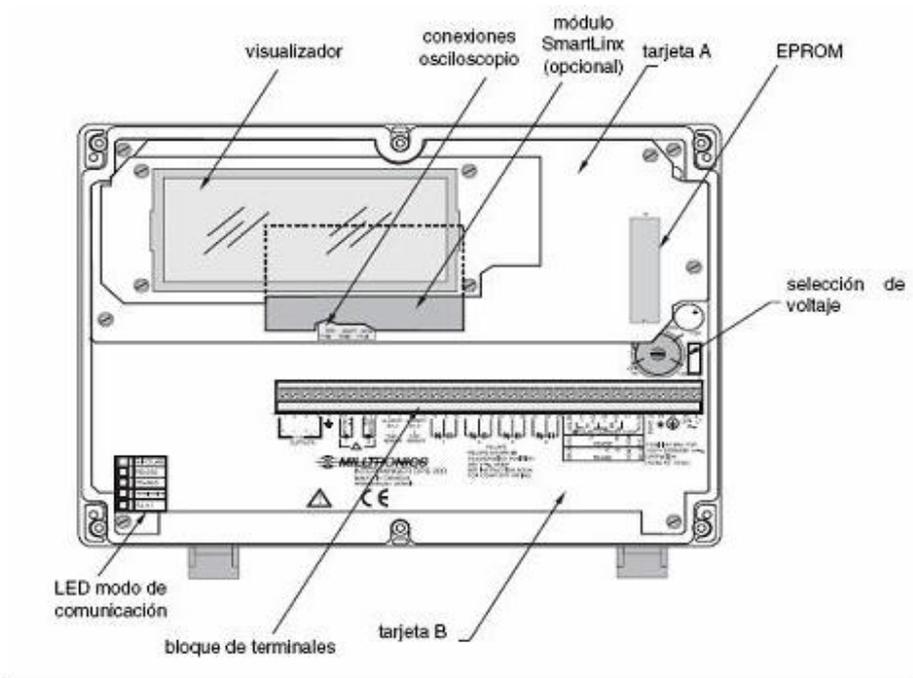


Fig. 2.13.- Conexiones y puertos de comunicación del medidor de nivel e instalación física en el tanque.



CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT



Fig. 2.14.- Panel de control de los instrumentos de operación del tanque E-CAT.



**Fig. 2.15.- Instalación de la válvula de descarga de sólidos, transmisor del flujo metro de alimentación y flujo metro de derrame de agua, todos conectados al panel de control.**



## 2.2.- INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DE FLOCULANTE.

A continuación se proporciona de acuerdo a los datos arrojados por la planta piloto la propuesta técnica, por la unidad de preparación de polímeros SPP-400, requeridos para la dosificación al clarificador E-CAT. A una concentración de 0.1% para un consumo máximo de 30 GPH y una operación continua las 24 horas del día.

### DATOS TECNICOS PARA LA INSTALACIÓN.

De acuerdo a esta información, estos son los datos para su diseño:

Tipo de operación	Continuo
Horas de Operación por día	24 Horas
Concentración de la solución	0.1 %
Flujo requerido de solución final	120 Its/hr.
Ciclos totales por día	7 ciclos
Capacidad de unidad seleccionada:	400 Its/hr de solución preparada.

Este sistema prepara la solución requerida en forma totalmente automática, lo que nos representa una ventaja en el aprovechamiento del polímero en polvo, además de que reduce el espacio requerido para la instalación y requiere un mínimo de mantenimiento.

### Un sistema de preparación de polímero totalmente automático.

Flujo máximo de extracción:	400 I/h
Preparación:	rango de preparación: 0.05 – 1.0 %
Concentración:	hasta una viscosidad de 3500 mPas.
Dimensiones ( LxAxH ):	1500 x 2500mm x 1250 mm

Preparación de agua:	conexión a tubería:	1"
	Flujo requerido:	min. 1500 l/h
	Presión de la línea:	2-4 bares
	Calidad:	agua natural libre de sólidos
Alimentación Eléctrica:	Voltaje:	220/440 V, 60Hz, 3 F.
	Corriente:	15 amp

Materiales:	Polipropileno.	
	Recomendamos revisar la resistencia de	
	Estos materiales dependiendo del tipo de polímero	
	A usar	
Peso estructural:	aprox.	900 Kg.
Peso en Operación:	aprox.	2,500 Kg.



Fig. 2.16.- Instalación del sistema de preparación y dosificación de floculante .



---

---

## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

---

---

### Gabinete de control

Diseñado para una operación totalmente automática, con operación controladora por PLC, aviso de fallas ópticas y acústica, completamente ensamblada, cableada y probada.

El panel muestra indicadores de pasos del ciclo. Incluye las siguientes funciones:

- Válvula solenoide de control de nivel, con control de pre y post enjuague de cámara de mezclado.
- Control de alimentación de polvos,
- Control de Agitadores
- Paro de Emergencia en caso de falta de agua.
- Alarma por falla libre de voltaje
- Alarma por corrida en seco

Los períodos de operación, así como los valores límites, y concentración, pueden ser fácilmente modificados.

Dimensiones:	600 x 400 x 250 mm
Material:	Lámina de acero esmaltada

El panelview 300 con teclado operador de interfaz ofrece capacidades gráficas de operador de interfaz en un formato compacto y rentable. Con un fondo instalado de solo 2.7", los 24 vcd del panelview 300 ofrecen alta funcionalidad de rendimiento donde el costo y el espacio del tablero son muy solicitados. Esta Terminal de operación es ideal para aplicaciones de medio ambiente altamente iluminado, características gráficas de píxel en 3" de cristal líquido, LED de iluminación y pantalla de monocromo.

El panelview 300 ofrece las mismas características que se encuentran en todas las terminales de operación de interfaz.

- Soporte de lenguaje universal con conversiones simplificadas para la pantalla y textos en más de 46 idiomas diferentes.
- Capacidades de alarmas extensas que permiten el registro de alarmas no solamente con bases históricas, por lo general también como activa contra inactiva.
- OEM comunicaciones que incluyen DeviceNet, DF-1, DH-485 y RS-232(protocolo DH-485). El panelview 300 es ideal para las aplicaciones de control Micrologix y SLC 500.
- Graficas de píxel, junto con una pantalla de 3" de cristal líquido (LCD).
- ATA PC tarjetas de memoria para fácil transferencia de aplicaciones entre otras terminales panelview.
- Excelente para aplicaciones con ambiente altamente iluminados.
- 100 000 horas de la luz que ilumina la pantalla, no necesita remplazarse.



CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT



Fig. 2.17.- Instalación del sistema de control automático de la preparación y dosificación de floculante.



### 2.3.- INSTALACIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO.

La mayoría de las plantas de procesamiento de minerales trabajan en húmedo. Esto significa que el material que se procesa en una planta puede ser transportado de una operación a otra en forma de pulpa por lo que se utilizan bombas para llevar a cabo dicha tarea, las colas tienen que bombearse hasta la presa en donde se hace la clasificación y el material grueso es mandado a la construcción del bordo de la presa mientras que por otra parte el material fino es enviado hasta la estación de bombeo del E-CAT para poder recuperar el agua que lleva la suspensión.

Las bombas utilizadas para realizar el transporte del material fino hacia el tanque son bombas centrífugas las cuales se escogieron por su operación simple y sus costos de inversión inicial y de mantenimiento son bajos. Se instalan dos juegos de bombas con tres bombas conectadas en serie por cada juego con su motor correspondiente y su arrancador a tensión reducida correspondiente.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Instalación de 2 sistemas de Bombeo con base deslizable y transmisiones; para Transferencia de Jales a Clarificador, cada sistema consta de **3 Bombas en serie, Bombas tipo PIPSA/SRL-C 8" X 6" Servicio Pesado**, resistentes a la abrasión.

Las partes en Contacto con el Material están Recubiertas con Hule Natural Vulcanizado en Caliente 35F Shore-A USA. Con un motor de 75 HP, 1800 R.P.M. para cada una de las bombas.

Instalación de 6 arrancadores tipo K981 de la marca siemens, de 75 HP, 440 VCA para arranque a tensión reducida, interruptor principal de 400 AMP. En gabinete, horómetro, estación de botones remota. Instalación de líneas de bomba de presión de sellos, incluyendo arrancador siemens de 10 HP.

Instalación de tubería y cableado desde la línea principal hasta el área de la estación de bombas, incluyendo las tierras físicas.

Instalación de tuberías y cableado desde los arrancadores a cada uno de los motores, instalación de alumbrado e instalación de banco de capacitores de 30 KVA por motor.

Instalación de la red hidráulica desde la clasificación del ciclón a la estación de bombeo y la alimentación al tanque clarificador-espesador E-CAT con material de polietileno de alta densidad conocido como struck pack. Y de retorno a la presa de jales.

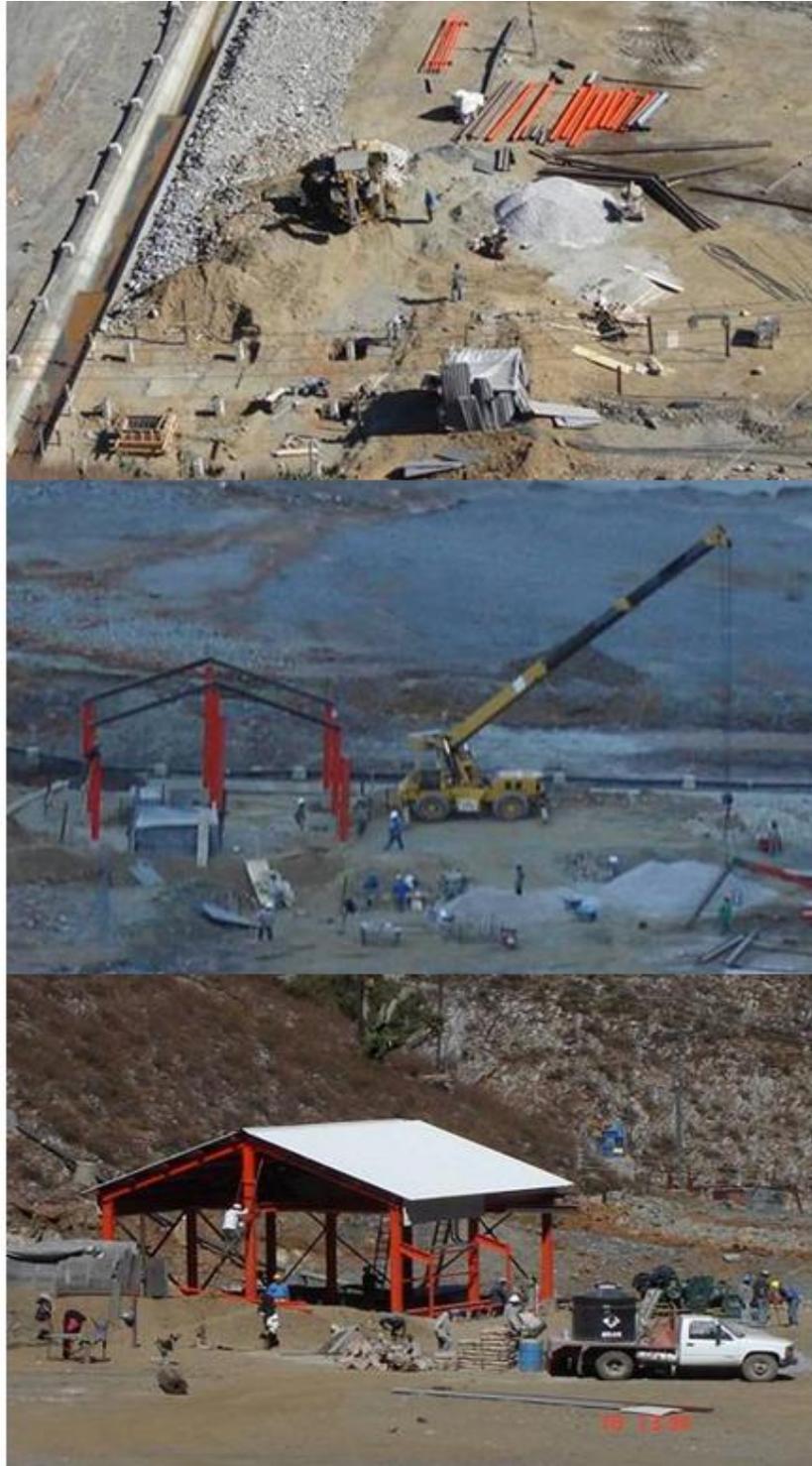


Fig. 2.18.- Instalación de la estación de Bombeo.



Fig. 2.19.- Instalación de las bombas en serie junto con sus arrancadores a tensión reducida.



CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT



Fig. 2.20.- Línea de finos a la estación de bombeo y línea de alimentación al tanque E-CAT y retorno de la descarga.



CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT



**Fig. 2.21.- Instalación de escaleras y barandales para acceso hacia el tanque Clarificador-Espesador.**



## **CAPÍTULO 3.- MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE AGUA.**

### **3.1.- TANQUE CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT.**

La meta más importante de cualquier programa de mantenimiento es la eliminación de algún desarreglo de la maquinaria. Muchas veces una avería grave causará daños serios periféricos a la máquina, incrementando los costos de reparación. Una eliminación completa no es posible en la práctica en ese momento, pero se le puede acercar con una atención sistemática en el mantenimiento.

El segundo propósito del mantenimiento es de poder anticipar y planificar con precisión sus requerimientos. Eso quiere decir que se pueden reducir los inventarios de refacciones y que se puede eliminar la parte principal del trabajo en tiempo extra.

Las reparaciones a los sistemas mecánicos se pueden planificar de manera ideal durante los paros programados de la planta.

El tercer propósito es de incrementar la disponibilidad para la producción de la planta, por medio de la reducción importante de la posibilidad de algún paro durante el funcionamiento de la planta, y de mantener la capacidad operacional del sistema por medio de la reducción del tiempo de inactividad de las máquinas críticas. Idealmente, las condiciones de operación de todas las máquinas se deberían conocer y documentar.

El último propósito del mantenimiento es de permitir al personal de mantenimiento el trabajar durante horas de trabajo, predecibles y razonables.

El mantenimiento preventivo también incluye actividades como el cambio del aceite y de los filtros y la limpieza e inspección periódica. La actividad de mantenimiento se puede planificar con base al tiempo del calendario y horas de operación de la máquina.

Un programa de mantenimiento se basa en el reconocimiento del papel clave que el operador puede jugar en la práctica del mantenimiento preventivo. Es obvio que el operador es el primero en percibir signos de daños, ya sean ruidos u otra clase de anomalías en el equipo.

Por este motivo el operador se encuentra en una situación que le permite tomar medidas preventivas con el objeto de evitar daños graves que de otro modo se presentarían inevitablemente. Es de suma importancia que los operadores adquieran buenos hábitos de operación del equipo que manejan, esto ayudará a disminuir el desgaste del equipo y el consumo de energía.



---

---

## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

---

---

Las prácticas incorrectas surgen principalmente por la falta de comprensión de los principios relativos a una operación adecuada más bien que por una actitud negligente o descuidada. En general se dice que el trabajo excesivo de mantenimiento se debe a la falta de cuidado de parte de los operadores por dar prioridad a otras obligaciones.

Es mucho más fácil que el personal brinde toda su cooperación si están enterados de estos principios y se han dado cuenta de la dificultad para conseguir repuestos.

Antes de iniciar cualquier tipo de mantenimiento es necesario prestar atención a los diferentes tipos de advertencias que se hagan en los manuales de los equipos, el incumplimiento de estas instrucciones pueden ser causa de graves lesiones físicas o muerte y/o daños en el equipo, dichas advertencias también le aconsejan para evitar tales peligros.

Revisión previa al arranque y mantenimiento en línea.

Revisión de los puntos antes de cualquier arranque.

1. Nota: El clarificador espesador E-CAT debe ser nivelado y revisado por un representante del proveedor antes de arrancarlo.
2. Revise y/o remueva toda la materia extraña del interior del tanque. Lave y limpie el tanque y todas las tuberías.

Lista de inspección y mantenimiento.

Semanalmente:

1. Mantener la estructura de la cubierta limpia y libre de aceite, chatarra o herramientas.
2. Revisar la pérdida o falta de pernos y tuercas.
3. Dar mantenimiento al equipo de accesorios, como lo especifica el fabricante.

Mensualmente:

1. Revise el tanque y sus componentes interiores inicialmente una vez al mes por acumulación de material, y limpiarlo cuando sea necesario. Este intervalo de tiempo puede modificarse (alargándolo o acortándolo) como lo dicten las condiciones de operación y la experiencia del operador.
2. Dar mantenimiento al equipo de accesorios, como lo especifica el fabricante.



---

---

## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

---

---

Anualmente:

Si es posible, pare por lo menos una vez al año la operación e inspeccione y de mantenimiento completamente, como sea necesario.

1. Limpie el tanque y sus componentes interiores y haga una inspección completa. Remueva el material acumulado de las paredes del tanque, cilindro de alimentación, canaleta, vertedero, cilindros clarificadores y la tubería de desecación.
2. Remueva óxidos o manchas y píntelas o cúbralas como se requiera.
3. Revise pérdida de pernos o tuercas y soldadura averiada.
4. Dar mantenimiento al equipo de accesorios, como lo especifica el fabricante.

El panel de control como está instalado en la estación de control no necesita mucho de mantenimiento simplemente limpieza y revisión periódica del cableado tanto de alimentación de energía como el cableado en las señales de entrada y de salida y también es importante tener los instrumentos que están comandados por dicho panel trabajando de manera normal para garantizar un rendimiento satisfactorio y un control del proceso adecuado.

Los instrumentos que están fuera de la estación de control se deben de atender de manera más constante en el sentido de que van a trabajar en la intemperie y los cambios en el medio ambiente puede afectar de manera importante la actuación de dichos instrumentos por lo que es necesario revisar en los manuales del fabricante el mantenimiento para cada uno de estos.

El DPS 300, el transductor, el flujómetro de entrada, el flujómetro de salida no necesitan mucho mantenimiento sólo es cuestión de tener un hábito de limpieza periódica.

Pueden ser necesarias algunas verificaciones constantes (limpieza de la caja y del medio de utilización, por ejemplo).

Limpiar el emplazamiento reservado al programador con un paño limpio y seco (si es necesario) antes de la instalación del programador para cada uno de los instrumentos de control.



---

---

## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

---

---

También se recomienda verificar el transductor periódicamente. Las emisiones ultrasónicas producidas por el diafragma del transductor garantizan su limpieza. Sin embargo, también podrán observarse acumulaciones de suciedad o algas en los lados del diafragma del transductor, que podrían alterar el nivel de rendimiento.

En algunas aplicaciones puede ser necesario limpiar el diafragma del transductor para garantizar su limpieza, esencial para el buen funcionamiento del sistema.

Cuando hay una caída de tensión existen algunos instrumentos que no se restablecen automáticamente por lo que en ocasiones es necesario volver a inicializar el instrumento de control manualmente.

Revise periódicamente las conexiones y cableado de todos los instrumentos de medición para impedir que hagan falso contacto o manden una señal errónea hacia el panel de control.

Revise periódicamente la calidad de aire en la válvula de descarga ya que en ocasiones el aire húmedo va dañando la actuación del posicionador y por ende la apertura proporcional del pistón.

Revise y/o corrija fugas de aire que se tengan en la tubería de alimentación hacia el posicionador y regule al aire suministrado calibrando el switch de presión del compresor y el regulador de aire cuando sea necesario.

Revise que el posicionador siempre tenga señal de alimentación electrónica y neumática para la operación normal del actuador.

Limpie y lubrique el vástago del actuador de la válvula proporcional electro neumática ya que por el tipo de material que se maneja, el lodo va dañando los sellos del cilindro y puede ocasionar fugas de aire y una contrapresión en el posicionador.



**TABLA 3.1.1.- RESÚMEN DE MANTENIMIENTO DEL TANQUE.**

<b>PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>LUBRICACIÓN (SI APLICA)</b>	<b>COMENTARIOS/ REFERENCIAS</b>
Mantener la estructura de la cubierta limpia y libre de aceite, chatarra y herramientas. Asegúrese que todas las guardas estén en su lugar.	Semanalmente		
Revisar la pérdida o falta de pernos y tuercas.	Semanalmente		Asegúrelas o replácelas.
Revise el tanque y sus componentes interiores por acumulación de material, y limpiarlo cuando sea necesario.	Mensualmente		Este intervalo de tiempo puede modificarse (alargándolo o acortándolo) como lo dicten las condiciones de operación y la experiencia del operador.
Drene el tanque y límpielo. Remueva óxidos, sustancias que corroen el acero u otros componentes dañados y replácelos, como sea necesario. Píntelos si es necesario	Anualmente		Hágalo cuando el flujo esté en su nivel más bajo.
El equipo de accesorios (indicador de nivel, el transmisor, válvula proporcional, flujómetro etc.)			Realice el mantenimiento, como está especificado por el fabricante.
Limpie con un paño seco el panel de control y revise conexiones.	Semanalmente		
Limpie la válvula proporcional electro neumática	Semanalmente	Lubrique el vástago de la válvula.	
Limpie el posicionador de la válvula de descarga.	Semanalmente		
Revise la tubería de alimentación de aire.	Mensualmente		Revise la calibración del switch de presión del compresor.



### 3.2.- ESTACIÓN DE BOMBEO.

Durante muchos años en todas las ramas de la industria se le ha prestado una atención especial al mantenimiento preventivo de bombas de parte del personal de operaciones y mantenimiento. El hecho de que los repuestos y suministro de nuevas bombas, de aleaciones adecuadas y las limitaciones que se presentan con el almacenaje del equipo y sus partes, ha servido para que el mantenimiento preventivo sea más importante que el correctivo, debido a que el cuidado evita el desgaste.

La invención de nuevos materiales para hacer reparaciones y cambios, métodos de entrenamiento, programas educativos para empleados y comités de conservación de materiales; son factores que han servido para que los empleados que trabajan en la industria se den cuenta de la importancia de tener un gran cuidado con el equipo que está bajo su responsabilidad.

Uno de los objetivos de un programa de mantenimiento, es presentar directamente al personal de operación y de mecánica la situación relativa en cuanto a materiales y repuestos.

Debido a que las bombas representan una parte vital dentro de las operaciones de un proyecto y su adquisición constituye un proceso difícil y lento, hay que dedicar atención especial a la operación y al cuidado de las bombas. El objetivo principal es tratar de obtener el máximo de eficiencia y el mínimo de reparaciones.

Un sistema de bombeo no se mantiene sólo. La frecuencia de mantenimiento no es la misma para todas las bombas, sino que varía con las condiciones del servicio. Una bomba que maneje líquidos limpios, no corrosivos, requiere mucho menos mantenimiento que una bomba del mismo tamaño y tipo que tenga que manejar líquidos corrosivos o arenisca.

Una inspección periódica resulta económica en comparación con las apagadas forzosas debidas a daños o fallas de las diferentes partes de la bomba. Las inspecciones de la bomba deben hacerse bimestral o anualmente, según la clase de servicio; mientras más pesado sea el servicio más frecuentemente debe ser la inspección. La inspección debe ser completa y debe incluir un chequeo cuidadoso de las tolerancias entre las partes giratorias y las estacionarias, así como el estado en que se encuentran todas las partes expuestas a roce o a daños causados por arenisca y/o corrosión.

Mantenimiento y reparación de bombas.

Si se siguen unas cuantas instrucciones al armar y desarmar la bomba se pueden economizar tiempo, trabajo y problemas. Estas instrucciones son aplicables a toda clase de bombas.



Al desarmar la bomba

- No es necesario desconectar la tubería de succión o de descarga ni cambiar la posición de la bomba.
- Recorrer la parte de la tapa desarmada de la bomba por la base deslizable con la que cuenta cada una de las bombas.
- La tubería auxiliar debe desconectarse sólo en los puntos en que sea necesario para quitar una parte, excepto cuando hay que quitar la bomba de la base.
- Después de haber desconectado la tubería, debe amarrarse un trapo limpio en los extremos o aberturas del tubo para evitar la entrada de cuerpos extraños.
- Emplear siempre un extractor para quitar un acople del eje.
- Las camisas del eje tienen roscas para apretarle en sentido contrario a la rotación del eje.

Después de desarmar la bomba

Antes de hacer la inspección y la revisión, limpie las partes cuidadosamente. Los residuos gomosos y espesos pueden quitarse a vapor. El lodo, el coque o depósitos de sustancias extrañas similares a las anteriores pueden quitarse por medio de un chorro de arena, trabajo que se hace cuidadosamente para que no forme huecos ni dañe las superficies labradas de la máquina.

- Revisar la erosión, la corrosión de la manga de la bomba, cambiarla si es necesario.
- Revisar las bandas de transmisión de fuerza y cambiarlas si es necesario.
- Revisión de los rodamientos y estopero del eje de la bomba.
- Es necesario un cuidado especial al examinar y reacondicionar los ajustes.
- Limpiar completamente los conductos de agua de la carcasa y repintarlos.
- Al iniciar una revisión total deben tenerse disponibles juntas nuevas.
- Estudiar la erosión la corrosión y los efectos de cavitación en los impulsores.
- Estudiar la erosión y la corrosión de los forros de cada una de las tapas tanto de transmisión como de succión.
- Verificar la concentricidad de los nuevos anillos de desgaste antes de montarlos en los impulsores.
- Llevar un registro completo de las inspecciones y reparaciones.

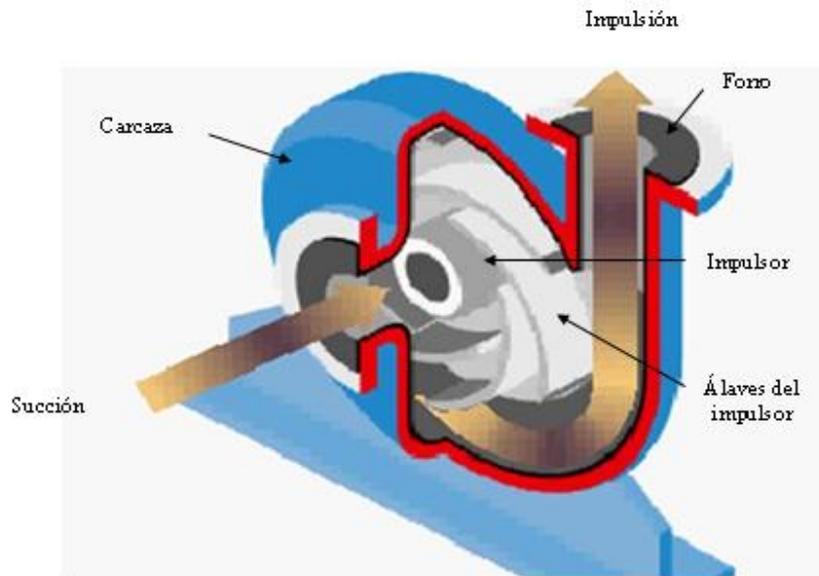


Fig. 3.1.- Vista de una bomba centrífuga en un corte seccional en donde se observa la caja y el impulsor.



Fig. 3.2.- Bomba centrífuga en la estación de bombeo de finos para la alimentación al tanque E-CAT.



---

---

## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

---

---

Reensamble de la bomba.

La bomba hidráulica es una máquina construida con precisión. Las tolerancias entre las partes giratorias y las estacionarias son muy pequeñas y debe ejercerse el mayor cuidado para ensamblar adecuadamente sus partes con el objeto de conservar estas tolerancias.

El eje debe estar completamente recto y todas las partes deben estar absolutamente limpias. Un eje torcido, mugre o lodo en la cara del eje impulsor, o sobre la camisa de un eje puede ser causa de fallas o daños en el futuro.

Utilice la base deslizante para ensamblar las tapas de la bomba y conecte las tuberías que hayan sido desconectadas.

Cambie el aceite al barril y empaque la bomba con el material y medidas adecuadas de acuerdo al tipo de bomba y al tamaño del estopero.

Revise y corrija en la unidad hidráulica cualquier tipo de fugas, así como en los dispositivos que se utilizan para el transporte de la pulpa para la alimentación del tanque clarificador-espesador E-CAT, (bridas, válvulas, codos, etc.).

Sistema de accionamiento de las bombas.

Motores eléctricos.

Los motores de inducción, son prácticamente motores trifásicos. Están basados en el accionamiento de una masa metálica por la acción de un campo giratorio. Están formados por dos armaduras con campos giratorios coaxiales; una es fija, y la otra móvil. También se les llama, respectivamente, estator y rotor.

El devanado del rotor que conduce la corriente alterna que se produce por inducción desde el devanado del estator conectado directamente, consiste de conductores de cobre o aluminio vaciados en un rotor de laminaciones de acero. Se instalan anillos terminales de cortocircuito en ambos extremos de la jaula de ardilla.

Debido a que el sistema eléctrico industrial utiliza fuentes trifásicas de energía, la máquina de inducción se construye normalmente con tres devanados, distribuidos y desfasados espacialmente  $120^\circ$ . En cada una de la tres bobinas desfasadas espacialmente, se inyectan corrientes alternas senoidales desfasadas en el tiempo  $120^\circ$  unas de otras.

Cada bobina produce un campo magnético estático en el espacio. La amplitud de este campo se encuentra en la dirección del eje magnético de la bobina y varía senoidalmente en el tiempo. La combinación de los campos pulsantes producidos por las tres corrientes desfasadas temporalmente, circulando por las tres bobinas desfasadas espacialmente, se



traduce en un campo magnético distribuido senoidalmente en el espacio, que rota a la velocidad de variación de las corrientes en el tiempo.

Para el mantenimiento de motores eléctricos la inspección puede hacerse cuando los motores estén energizados o parados. Revisar el motor cada 500 horas de operación o cada 3 meses, lo que ocurra primero. Mantener el motor limpio y las aberturas para ventilación despejadas.

En cada inspección deberán efectuarse los siguientes pasos:

- Revisar la corriente en cada una de las fases con el ampérmetro de gancho.
- Verifique si el interior y exterior del motor se encuentran libres de suciedad, aceite, grasa, agua, etc. Puede haber acumulación de pulpa de mineral, pelusas textiles, vapores aceitosos, etc., que bloquea la ventilación del motor. Si el motor no está debidamente ventilado, puede haber recalentamiento y provocar la falla prematura del motor.
- Use periódicamente un “Megger” (megóhmetro) para asegurar que se haya mantenido la integridad del aislamiento en los devanados.
- Revisar todos los conectores eléctricos para asegurar que estén bien apretados.
- Revisar si existen ruidos extraños o vibraciones en el motor.
- Revisar la temperatura de los devanados y de los rodamientos.
- Limpiar y/o pintar la carcasa del motor.
- La grasa de los rodamientos pierde su capacidad de lubricación a través del tiempo, o en forma repentina. La capacidad de lubricación de la grasa depende fundamentalmente del tipo de grasa, tamaño del rodamiento, velocidad a la que funciona el rodamiento y el rigor de las condiciones de operación.
- Consultar el tipo de grasa que recomienda el fabricante para no rebasar la temperatura máxima de operación de los motores, asimismo, los intervalos de lubricación especificados de acuerdo a la velocidad de operación, tipo de rodamientos, rodillos o de bolas y condiciones de servicio como temperatura ambiente, contaminación atmosférica, etc., a la que es sometido dicho motor.
- Limpie todos los accesorios de engrase.
- Añada la cantidad de grasa que recomienda el fabricante.
- Mantener en óptimas condiciones los sistemas de ventilación y enfriamiento de los motores, para evitar sobrecalentamientos que puedan aumentar las pérdidas en los conductores del motor y dañar los aislamientos.
- Verificar periódicamente la alineación del motor con la carga impulsada. Una alineación defectuosa puede incrementar las pérdidas por rozamiento y en caso extremo ocasionar daños mayores en el motor y en la carga.
- Reparar o cambiar los ejes del motor y de la transmisión, si se han doblado por sobrecarga o por mal uso. Un eje en mal estado incrementa las pérdidas por fricción y puede ocasionar daños severos sobre todo en los rodamientos del motor.



- Mantener en buen estado los medios de transmisión entre el motor y la carga, tales como: poleas, engranes, bandas y cadenas. Si estos no se encuentran en condiciones apropiadas o su instalación es incorrecta, pueden ocasionar daños importantes, además de representar una carga inútil para el motor.



Fig. 3.3.- Inspección de la bomba y el motor en la estación de bombeo del E-CAT.

Al desarmar el motor

- Revise el aislamiento del devanado entre las fases del motor con ayuda del megger.
- Marque con un punzón las tapas del motor.
- Desarme las tapas del motor y saque el rotor.
- Revise y/o cambie los rodamientos verificando el tipo y número de rodamiento.
- Elimine el polvo o el lodo que pudiera tener el devanado mediante el uso de aire comprimido.
- Limpie perfectamente el rotor del motor.



El reensamble del motor.

- Colocar el rotor en el estator.
- Coloque las tapas de acuerdo a la marcación que se hizo anteriormente.
- Conecte cada una de las fases a la línea.
- Pruebe el sentido de rotación del motor que debe coincidir con la rotación de la bomba.
- Coloque la polea y las bandas de transmisión a la bomba.

Sistema de arranque de los motores.

En la mayor parte de las zonas si se cuenta con un motor pequeño de inducción de jaula de ardilla de unos cuantos caballos de fuerza se pueden poner en marcha directamente desde la línea con una caída de voltaje que es de poca importancia en la fuente de voltaje, y con un retardo pequeño o sin retardo para acelerarse a su velocidad nominal. Igualmente, los motores grandes de inducción de jaula de ardilla hasta de varios miles de HP, se pueden arrancar conectándolos directamente a la línea sin daños ni cambios indeseados de voltaje, siempre que las tomas de voltaje tengan una capacidad bastante alta.

Aunque hay algunas excepciones entre las diversas clasificaciones de motores comerciales de inducción de jaula de ardilla, que necesitan normalmente seis veces el valor de su corriente nominal para arrancar cuando se aplica el voltaje nominal a su estator. En el instante de arranque la corriente del rotor está determinada por la impedancia de rotor bloqueado. Así, el voltaje del estator se reduce a la mitad de su valor nominal, la corriente de arranque se reduciría en esa proporción, es decir a unas tres veces la corriente nominal. Pero la ecuación:  $T_s = K_r V_p^2$  indica que si el voltaje de línea en el estator se reduce a la mitad de su valor, el par se reduce a la cuarta parte de su valor original. Por lo tanto se ha alcanzado la reducción deseable en la corriente de línea al motor al costo de una reducción indeseable y a un mayor par de arranque. Si el motor se arranca bajo carga grande, esto tiene cierta importancia y hay la probabilidad de que el motor pueda arrancar con dificultad o no arranque. Por otro lado si el motor se arranca sin carga, la reducción en el par puede no ser importante para algunos casos, y es ventajosa la reducción de la corriente.

Las fluctuaciones frecuentes de voltaje pueden también afectar al equipo electrónico y a la iluminación al grado de que se necesite algún método alterno para arrancar el motor de inducción, para limitar la corriente de arranque. Si las líneas que alimentan al motor de inducción de jaula de ardilla, tienen impedancias diferentes; los voltajes del estator pueden desbalancearse, desbalanceando severamente las corrientes en las líneas y



originando que el equipo de protección deje al descubierto al motor. De hecho un desbalance de 1 o 2 % en los voltajes de la línea del estator pueden originar un desbalance del 20 % en las corrientes de línea, presentando calentamiento localizado del motor y fallas del devanado.

Para cada una de las bombas se instaló un motor de 75 HP que a su vez tienen un arrancador a tensión reducida y el mantenimiento a este tipo de arrancador es el siguiente.

- Revisar periódicamente las conexiones del motor, junto con las de su arrancador respectivo y demás accesorios. Conexiones flojas o mal realizadas con frecuencia originan un mal funcionamiento del motor y ocasionan pérdidas por disipación de calor.
- Limpiar con aire comprimido cada uno de los componentes y accesorios del arrancador a tensión reducida.
- Limpiar y revisar que no existan falsos contactos en las botoneras.
- Inspeccionar cada uno de los componentes del circuito de control (transformador, contactor, interruptor etc.)
- Revisar que no existan terminales corroídas o en corto circuito.
- Amarrar, acomodar o en su defecto eliminar los cables sueltos que pudiera haber y que no sean parte del circuito de control.
- Revisar que los portafusibles estén en buen estado o en su defecto cambiarlos.
- Revisar que no existan hilos abiertos, revisando continuidad en todo el circuito.
- Revisar que no existan picos de corrientes o voltajes.



Fig. 3.4.- Partes constitutivas del motor de inducción trifásico.



**TABLA 3.2.1.- DIAGNÓSTICO Y CORRECCIÓN DE FALLAS EN MOTORES.**

Síntoma	Posibles causas	Posibles soluciones
<b>El motor no arranca</b>	Causado usualmente por problemas en la línea, por ejemplo el funcionamiento con una sola fase en el arrancador.	Revise la fuente de alimentación: protectores de sobrecarga, fusibles, controles, etc.
<b>Zumbido excesivo</b>	Alto voltaje.	Revise las conexiones de la línea de entrada.
	Entrehierro excéntrico (descentrado).	Haga reparar el motor en el centro de servicio recomendado por el fabricante
<b>Recalentamiento del motor</b>	Sobrecarga. Compare el Amperaje medido con su valor nominal de placa.	Localice y quite lo que produce la fricción excesiva en el motor o la carga.  Reduzca la carga o reemplace el motor por uno de mayor capacidad.
	Funcionamiento con una sola fase.	Revise la corriente en todas las fases (deberá ser aprox. igual) para aislar y corregir el problema.
	Ventilación inadecuada.	Revise el ventilador externo para asegurarse que el aire se mueve bien entre las aletas de enfriamiento.  Acumulación excesiva de suciedad en el motor. Limpie el motor.
	Voltaje desequilibrado.	Revise el voltaje en todas las fases (deberá ser aprox. igual) para aislar y corregir el problema.
	El rotor roza el estator.	Apriete los “pernos pasantes”.
	Sobrevoltaje o bajo voltaje.	Revise el voltaje de entrada en cada fase al motor.
	El devanado del estator está abierto.	Revise si la resistencia del estator en las tres fases está equilibrada.
	Devanado puesto a tierra.	Efectúe una prueba dieléctrica y haga las reparaciones necesarias.
	Conexiones incorrectas.	Revise todas las conexiones eléctricas para determinar si la terminación, la resistencia mecánica y la continuidad eléctrica son adecuadas.  Consulte el diagrama de conexión de cables del motor.



**CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT**

Síntoma	Posibles causas	Posibles soluciones
<b>Recalentamiento del rodamiento</b>	Mal alineamiento.	Revise y alinee el motor y los equipos accionados por el mismo.
	Excesiva tensión de correa.	Reduzca la tensión de correa a su punto apropiado para la carga.
	Excesivo empuje terminal.	Reduzca el empuje terminal de la máquina accionada.
	Exceso de grasa en el rodamiento.	Saque grasa hasta que la cavidad esté unos 3/4 llena.
	Insuficiente grasa en el rodamiento.	Añada grasa hasta que la cavidad esté unos 3/4 llena.
	Suciedad en el rodamiento.	Limpie el rodamiento y la cavidad del rodamiento. Rellene con el tipo de grasa correcto hasta que la cavidad esté aproximadamente 3/4 llena.
<b>Vibración</b>	Mal alineamiento.	Revise y alinee el motor y los equipos accionados por el mismo.
	Roce entre las piezas rotativas y las piezas fijas	Aísle y elimine la causa del rozamiento.
	El rotor está desequilibrado.	Mande a revisar el equilibrio del rotor y hágalo reparar en el Centro de Servicio recomendado por el fabricante.
	Resonancia.	Sintonice el sistema o solicite asistencia al Centro de Servicio recomendado por el fabricante.
<b>Ruido</b>	Materias extrañas en el entrehierro o las aberturas de ventilación.	Extraiga el rotor y quite las materias extrañas.
		Vuelva a instalar el rotor. Revise la integridad del aislamiento. Limpie las aberturas de ventilación.
<b>Ruido retumbante o gimoteante</b>	El rodamiento está en malas condiciones.	Reemplace el rodamiento. Quite toda la grasa de la cavidad y coloque el nuevo rodamiento. Rellene con grasa del tipo correcto hasta que la cavidad esté aproximadamente 3/4 llena.



### 3.3.- SISTEMA DE PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DE FLOCULANTE.

El Equipo de Preparación y dosificación de Flocculante permite controlar la preparación y dosificación del polímero (floculante CYTEC N300) y operar en conjunto y de forma continua con el clarificador-espesador E-CAT de manera automática.

Requiere un mínimo de mantenimiento ya que este sistema también se encuentra en la estación de control por lo que una inspección periódica y una limpieza constante harán que el sistema trabaje de manera normal. Limpiar el espacio reservado al programador con un paño limpio y seco (si es necesario) no utilice limpiadores abrasivos que pudieran dañar la pantalla de cristal líquido del panel de control.

El intervalo de tiempo en la inspección y limpieza del sistema dependerá de las horas trabajadas o el número de ciclos que el sistema realice, también puede depender de las necesidades que el propio sistema demande, al entorno en el que debe operar el sistema es decir si existe mucho polvo o a la experiencia del operario.

A continuación se enlistan algunas sugerencias de limpieza e inspección para mantener y garantizar que el sistema trabaje de la mejor manera.

- Mantener limpio el armario eléctrico de control, libre de aceite, residuos de floculante o polvo.
- Revisar periódicamente el cableado y conexiones de alimentación de energía y cada una de las entradas y salidas del panel de control que dichas conexiones no estén flojas o mal realizadas.
- Revisar que no existan terminales en mal estado o en corto circuito.
- Revise y/o remueva toda la materia extraña que pudiera tener la tubería y que pudiera bloquear en algún momento determinado el ingreso de agua.
- Revise que no haya fugas en las conexiones de las tuberías tanto de alimentación de agua como de floculante.
- Realizar una limpieza periódica a la bomba dosificadora de floculante y llevar acabo mediciones de volumen de floculante para estar seguros que la dosificación sea la correcta de acuerdo con la frecuencia de salida del variador de velocidad.
- Medir la temperatura del variador de velocidad y mantener libre de polvo o cualquier sustancia extraña al disipador, utilice aire comprimido (no húmedo).
- Mantener limpio el ventilador de refrigeración principal del variador de velocidad utilice aire comprimido (no húmedo).



---

---

## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

---

---

- Utilice un paño suave y húmedo para limpiar el panel de control. Evite el uso de limpiadores abrasivos que pudieran dañar o rayar la ventana de la pantalla en el variador de velocidad.
- En los contenedores tanto de maduración del polímero como el de disposición final se deben de remover el material que se haya quedado pegado en las paredes de dichos contenedores.
- Revisar que no existan fugas en los contenedores ni en las conexiones de electroválvulas para evitar cualquier derrame en los demás dispositivos del sistema.
- Revisar el foco de la luz de la tolva que sirve para evitar que se humedezca el polímero que siempre este encendido.
- Mantenga siempre llena la tolva de floculante para evitar que el soplador trabaje en seco.

Para el agitador y el soplador que son accionados por medio de motores eléctricos las recomendaciones que se dieron anteriormente pueden ser de mucha ayuda en el mantenimiento de estos dispositivos.

- Revisar todos los conectores eléctricos para asegurar que estén bien apretados.
- Revisar si existen ruidos extraños o vibraciones en el motor.
- Revisar la temperatura de los devanados y de los rodamientos.
- Limpie todos los accesorios de engrase y lubrique los rodamientos.
- Añada la cantidad de grasa que recomienda el fabricante.
- Revise la fuente de alimentación: protectores de sobrecarga, fusibles, controles, etc.
- Revise el ventilador externo para asegurarse que el aire se mueve bien entre las aletas de enfriamiento.
- Acumulación excesiva de suciedad en el motor. Limpie el motor.

### **CAPÍTULO 4.- OPERACIÓN Y CONTROL DEL CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT.**



#### 4.1.- PROCESO DE CLARIFICADO Y ESPESADO.

El control de procesos comprende los principios y el equipo que se utiliza para controlar las máquinas y los procesos en la industria. Al diseñar un sistema de control, deben considerarse metas diferentes y, con frecuencia conflictivas.

Por ejemplo en ocasiones se busca aumentar la velocidad de respuesta de la planta, de manera que la salida del sistema pueda responder más rápida y efectivamente a los cambios en la entrada. En otras ocasiones, lo que se busca es mantener la salida de la planta en un nivel deseado, mientras las perturbaciones actúan para modificarla.

El control automático sólo se llevará a cabo en la operación del tanque, también la preparación y dosificación de floculante por lo que en la clasificación de las colas finales de flotación y su bombeo hacia el tanque se hará de manera manual.

La operación comienza en la clasificación de las colas mediante el uso de un ciclón en el cual la entrada tangencial y la forma del ciclón obligan a la pulpa a moverse a gran velocidad en una trayectoria circular, este movimiento circular crea la fuerza centrífuga necesaria para la sedimentación de las partículas, las partículas más grandes y más pesadas que tienen una velocidad de decantación mayor son arrojadas contra las paredes del ciclón y fluyen hacia el ápex en la parte baja del ciclón, las cuales se mandan a la construcción del bordo de la presa de jales.

Debido al diseño del ciclón con su parte inferior cónica y con el buscador de vórtice más grande que el ápex casi toda el agua sale por el rebalse, el agua arrastra consigo las partículas más finas formando un espiral que sale por el buscador del vórtice, en operación normal del ciclón se forma una columna de aire en el centro del ciclón que se extiende desde el ápex hasta el vórtice, dichas partículas finas son mandadas al cajón que sirve como almacén de pulpa para después mandarla hacia la estación de bombeo por medio de gravedad en el cual también existe un cajón que sirve como división para escoger el sistema de bombeo que va operar.

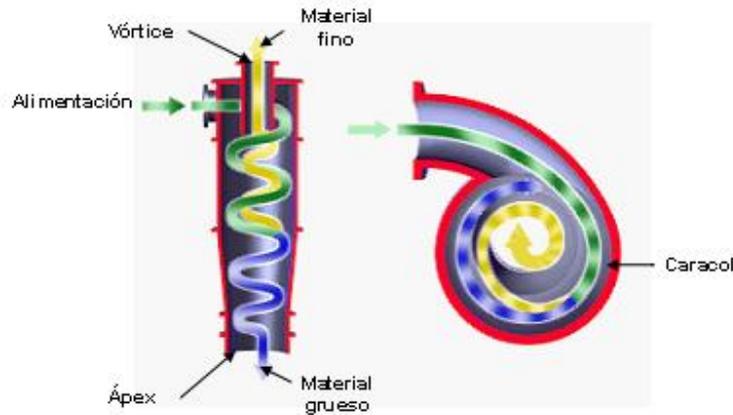


Fig. 4.1.- Partes constitutivas del ciclón común.

Para el transporte de la pulpa hacia el tanque existen dos sistemas de tres bombas conectadas en serie para facilitar el mantenimiento del grupo que permanezca estático y no parar la operación, la pulpa entra en la primera bomba a través de la succión hacia el impulsor rotatorio, el impulsor crea una fuerza centrífuga que arroja la pulpa hacia fuera, la pulpa desarrolla una velocidad alta a medida que pasa a través de los álabes del impulsor la energía cinética se convierte en energía potencial dentro de la carcasa, la impulsión de la bomba servirá de succión en la segunda bomba que a su vez la impulsión de ésta sirve de succión de la tercera bomba la cual su impulsión es el transporte final hacia la tubería de alimentación del tanque.

El revolucionario clarificador espesador E-CAT combina una optimización en el consumo de floculante, un alto rango de agua clarificada, así como una alta densidad espesada en una unidad compacta simple.

Este proceso de separación aerodinámico liquido-sólido es logrado con un uso óptimo del químico suministrado que ayuda y proporciona una ruta de escape establecida para el desplazamiento libre del líquido. Aún más impresionante, el sistema E-CAT lleva acabo este proceso sin ninguna parte en movimiento.



## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

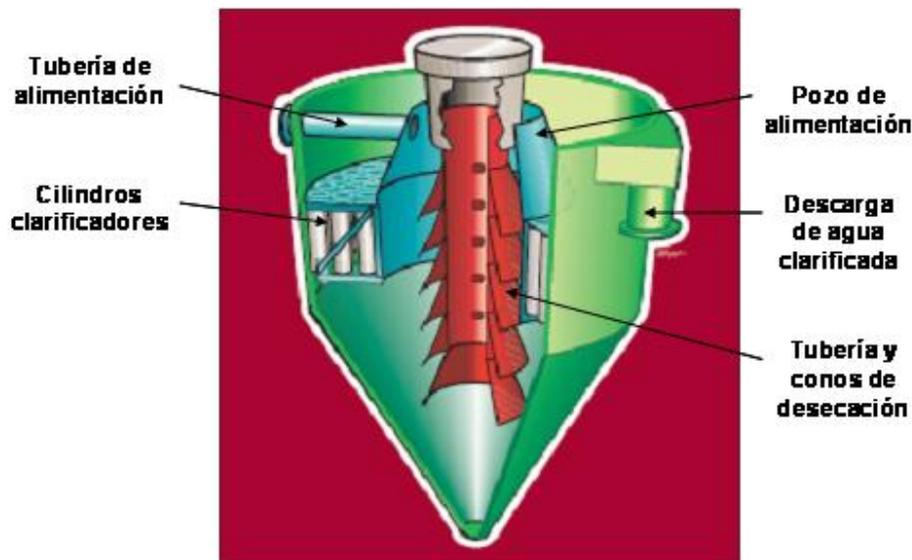
### EFICIENCIA EN ACCIÓN. EL PROCESO DE OPERACIÓN DEL E-CAT.

La pulpa entra al E-CAT y es entubada hasta el alimentador donde tiene contacto con el floculante y el líquido clarificante de la columna de líquido recirculante. La turbulencia del influente proporciona una amplia energía mezclando la dilución y floculación de la pulpa alimentada.

Las partículas sólidas se aglomeran rápidamente y comienzan a colocarse hacia el cono de lodo, aquí, el peso de la acumulación de sólidos se concentran en un angosto y profundo cono proporcionando gravedad máxima, compresión y desagüe.

El agua liberada se desplaza de la cama de sólidos escapando por los conos de desecación, entra a la columna de recirculación y es regresada al alimentador para la dilución del influente. El líquido restante es canalizado a través de los cilindros clarificadores. Una vez en los cilindros, los sólidos finos suspendidos en la superficie chocan y se aglomeran, ganando suficiente peso para colocarse en contra de la velocidad del líquido ascendente.

Esta acción de pulido con el contacto de sólidos permite a los Clarificadores-Espesadores E-CAT que logren un derrame del efluente con un bajo grado de turbidez mientras la densidad de descarga consistente, calidad alta de sólidos.



**Fig. 4.2.- Tanque Clarificador-espesador E-CAT seccionado en el cual se aprecian con claridad los componentes interiores de dicho tanque.**



#### **4.1.1.- Descripción del proceso de operación del tanque E-CAT.**

El Clarificador-Espesador E-CAT combina la clarificación y el espesamiento en un tanque simple a través del uso de conos de desecación con una óptima dilución de la pulpa en el alimentador, maximizando la labor de espesamiento y optimizando la adición de floculante. Cilindros clarificadores son utilizados para llevar a cabo la clarificación.

La diferencia en la densidad entre el flujo de pulpa que entra en el alimentador y la solución en el tubo de desagüe son las fuerzas que interactúan para este auto balanceo de la dilución del sistema. Por ejemplo si la concentración de la pulpa se incrementa, las fuerzas que interactúan se incrementan, así mismo la dilución interna se incrementa. Por otro lado si la concentración alimentada decrece, dichas fuerzas también decrecen y así mismo decrece la dilución interna.

El Clarificador-Espesador E-CAT es un dispositivo y una tecnología efectiva para la producción de un derrame (efluente clarificado) de alta calidad mientras se produce una alta densidad en la descarga (lodo espesado). El E-CAT es versátil y puede utilizarse en una amplia variedad de aplicaciones. Es el estado del arte en la tecnología de espesado y clarificado.

#### **4.1.2.- Proceso de clarificación del tanque E-CAT.**

La clarificación dentro del e-cat es realizada en los cilindros clarificadores. Los cilindros clarificadores son colocados en dos anillos alrededor del alimentador. Estos cilindros tienen una sección cruzada a lo largo de su longitud operativa y están abiertos arriba y abajo.

La suspensión de la pulpa entra al alimentador a través de la tubería del influente. En el pozo de alimentación la velocidad de la pulpa disminuye. La pulpa después desciende dentro del cuerpo del clarificador espesador donde los sólidos son espesados (removidos de la suspensión). La pulpa (efluente) fluye hacia arriba a través de los cilindros clarificadores donde los sólidos son removidos de la suspensión. Donde el efluente inicialmente entra al fondo de los cilindros clarificadores, los sólidos en suspensión están en la forma de partículas discretas o pequeños flóculos. Puesto que esos tienen bajas velocidades de sedimentación, la mayoría serán llevados hacia arriba por el flujo de la suspensión que entra a los cilindros. Dentro de los cilindros clarificadores el movimiento de los flóculos del líquido que pasa imparte energía a los otros flóculos, a través de fuerzas de corte que actúan sobre los flóculos. Esto produce una caída de presión en el líquido y este asciende a través de los cilindros. Repetidas colisiones entre las partículas y los flóculos producen que los flóculos incrementen de tamaño y, bajo las condiciones correctas, en densidad. Esos flóculos grandes tendrán altas velocidades de sedimentación lo que significa que descenderán lentamente en las condiciones del flujo ascendente dentro de los cilindros. Eventualmente, ellos llegarán a ser grandes y lo suficientemente



densos para caer en contra del flujo, y hacia el fondo de los cilindros clarificadores. El efluente clarificado sale a través de la cima de los cilindros, el derrame es llevado en el vertedero que está ensamblado en la cima y alrededor del tanque y es descargado a través de la tubería del efluente. Los sólidos se sedimentan en el cono que está al fondo del tanque y son descargados a través de la tubería de descarga de la pulpa al fondo del cono.

#### **4.1.3.- Espesamiento y lodo desecado.**

En el contexto de separación gravitacional sólido líquido, el espesamiento puede ser considerado tener 2 fases.

Fase 1: Desecación.

Desecación es el proceso por el cual el agua liberada es removida de la suspensión.

Fase 2: Compactación.

Compactación es el proceso por el cual la densidad de una suspensión es incrementada por la expulsión del líquido, lo cual es asociado cercanamente con los sólidos en la pulpa, es decir, el agua dentro de las fisuras entre los flóculos, y el agua dentro de la estructura misma del flóculo.

En el E-CAT la cama profunda gravitacional Clarificador/Espesador, opera bajo condiciones ya establecidas, tres distintas zonas horizontales son formadas.

1. La zona superior, dentro de la cual la suspensión desestabilizada es alimentada, y termina en la zona de sedimentación libre, después en esa zona las partículas y flóculos son sedimentados libremente sin interferencia por partículas y flóculos adyacentes.
2. Debajo de la zona de sedimentación libre está la zona de sedimentación complicada en la cual la fracción de volumen de los sólidos es más alta, y en donde la sedimentación de las partículas es mas lenta, debido a que el agua desplazada asciende entre la cama de flóculos y partículas.
3. En el fondo está la zona de compactación o consolidación. En esta zona la mayoría del agua de la suspensión original ha sido desplazada tanto que los flóculos y partículas están en contacto. La presión intergranular, debido a la masa sumergida de los sólidos arriba del nivel, se incrementa y los lodos son desecados y compactados.



CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

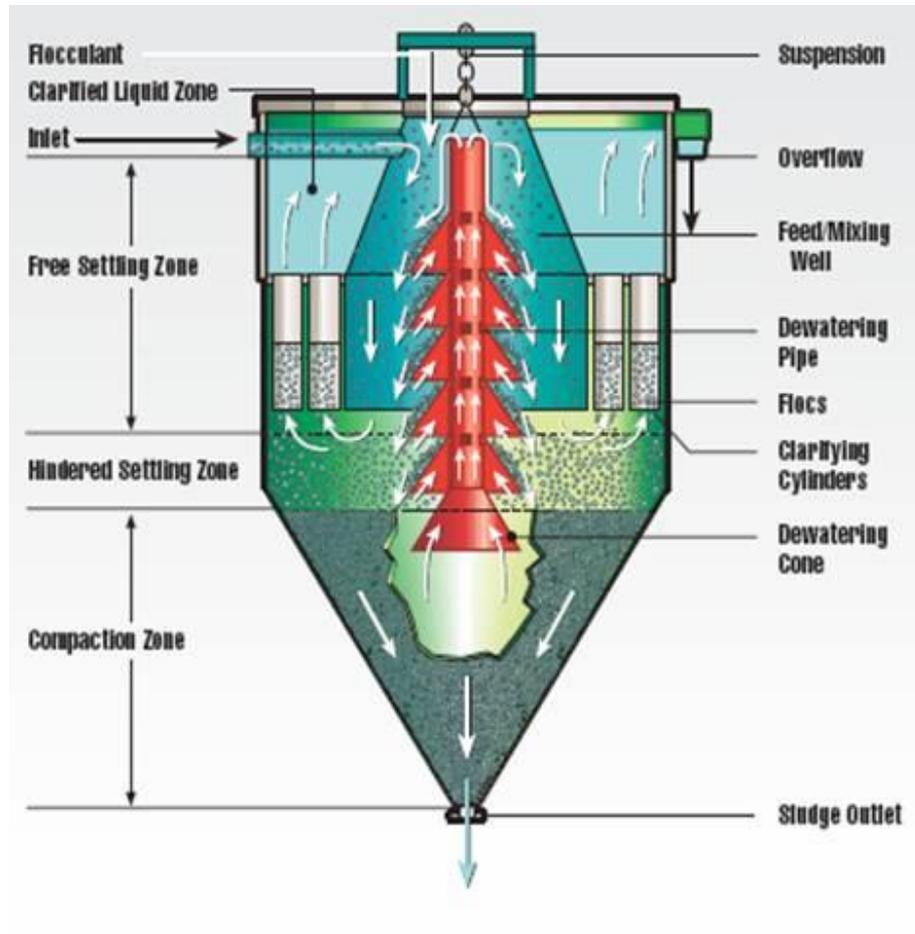


Fig. 4.3.- Las zonas horizontales y las partes constitutivas del tanque clarificador-espesador E- CAT.

El lodo desecado inmerso provee el curso a través de esa agua, inmersa con la suspensión que puede ser fácilmente desprendida. Una vez que ha sido realizado, la presión del poro se reduce y la presión intergranular se incrementa, forzando a los sólidos a compactarse, expulsando más agua libre y dando una densidad más alta en la descarga de sólidos. La condición para el desecado es proporcionada por un juego de superficies inclinadas ensambladas sobre la tubería de desecación llamados conos de desecación. Así mismo los sólidos descienden a través del clarificador/espesador, la trayectoria es proporcionada por las superficies inferiores de las superficies inclinadas del cono a través de esa agua, forzada por la alta densidad de los sólidos.



---

---

## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

---

---

Los conos de desecación en la zona de sedimentación libre, la zona de sedimentación complicada y la zona de compactación tienen los siguientes propósitos.

1. Proporcionar una ruta de escape para todas las burbujas de aire arrastradas abajo dentro del tanque E-CAT por la velocidad de alimentación de la suspensión en la zona de alimentación.
2. Proporcionar dilución interna al agua alimentada.
3. Para combatir la zona de sedimentación complicada e incrementar el volumen de la zona de compactación. Cuando se retira el agua de la zona de sedimentación complicada, el espesamiento de esa zona se reduce, es decir, el tiempo que le lleva a la mezcla para desecarse de la concentración en la zona de sedimentación libre a la concentración de la zona de compactación es reducido. Esto significa que un mayor volumen del tanque es aprovechado para la zona de compactación. Lo que implica en un tiempo de retención de sólidos mas prolongada en la zona de compactación. La profundidad aumentada de la zona de compactación lleva a una presión total más alta a la mezcla de la tubería de descarga al fondo del cono del tanque. Esos factores pueden llevar también a una descarga con una alta densidad.
4. En la zona de compactación, el propósito de los conos de desecación en su mayor parte es extraer un flujo pequeño de líquido necesario espesando la mezcla a la densidad de descarga especificada.

Precauciones que se deben tomar antes de operar el clarificador-espesador.

1. Si no ha tenido contacto previo con la planta o el equipo, determine lo siguiente:
  - a. El proceso en el cual el clarificador/espesador es instalado y su propósito general.
  - b. La dilución o la concentración de sólidos de la alimentación.
  - c. La dilución esperada de la descarga o concentración de sólidos.
  - d. Análisis de malla de la alimentación.
  - e. Tonelaje esperado (sólidos secos) a través del clarificador/espesador.



---

---

## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

---

---

- f. Propiedades químicas de la alimentación, es decir, si es alcalina, ácida etc.
  - g.  $M^2/ton/24$  Hrs. Utilizados para diseño y cualquier otra propiedad pertinente de sedimentación (una indicación de carga solamente).
  - h. Agua clarificada esperada.
  - i. El tipo y dosificación esperada de floculante.
2. Familiarícese con la distribución de la red hidráulica de la planta incluyendo.
- a. El método de alimentación al clarificador/espesador.
  - b. El método de descarga del agua clarificada del tanque clarificador/espesador.
  - c. El método de descarga de la mezcla espesada del tanque clarificador/espesador.
  - d. La tubería a la descarga del cono, Cerciorarse que la provisión de una línea de agua de alta presión ha sido instalada entre el cono y la bomba de lodo para retro lavado a presión, si es necesario, y que las válvulas estén instaladas para un control apropiado.
3. Revise que las bombas de descarga, la tubería del agua clarificada, las bombas, u otros equipos involucrados estén en buen estado y listos para trabajar. Busque accesorios para el equipo con su proveedor en caso de requerir algún dispositivo.

### Procedimiento para comenzar la operación.

1. Asegúrese de que todos los escombros y objetos extraños han sido removidos del tanque E-CAT y la tubería.
2. Revisa todas las bombas, válvulas, indicador de nivel, etc., para asegurarse que están los equipos listos para la operación.
3. Asegúrese que la dosificación de floculante sea suficiente y que está disponible para la operación.
4. Llene con agua el tanque al nivel normal de operación, o inicialmente al menos al nivel de los cilindros clarificadores.



---

---

## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

---

---

5. Abra la(s) válvula(s) de la(s) línea(s) de agua clarificada, si tuviera.
6. Asegúrese de que las válvulas de las tuberías de alimentación y descarga estén abiertas, como requiera la operación, después arranque las bombas de alimentación y descarga simultáneamente y ajústelas a la velocidad mínima. Arranque la bomba de adición de floculante y comience a dosificar floculante a la alimentación cuando la pulpa esté llegando al clarificador/espesador.

Nota: La cantidad de pulpa alimentada debe de ser igual a la cantidad de mezcla removida en la descarga más la cantidad de agua clarificada recuperada, esto con la finalidad de mantener el nivel de líquido del tanque.

7. El floculante alimentado y los lodos retirados en la descarga son ajustados, como sea requerido por la operación para lograr que el nivel de la cama de la zona de sedimentación complicada en el tanque sea especificado al nivel de operación y así optimizar la operación utilizando el sistema de control del espesador. La cantidad de lodos descargados está basada en la densidad del bajo flujo, y es controlada normalmente por un sistema de control automatizado.

Busque “Ajustes de Operación” en la parte de abajo para otros ajustes que pueden ser requeridos para afinar la operación o la detección de fallas específicas en los problemas de operación.

Nota: Para una operación apropiada, los sólidos (descarga de lodos) y líquido (agua clarificada) deben ser retirados en la misma cantidad que la alimentación (residuos de floculante/mezclas de arenas) que es alimentada al tanque. El clarificador/espesador E-CAT no está diseñado para almacén de estos residuos. Sólidos acumulados en el cono del tanque bloqueará la unidad y se requerirá que se pare el proceso.

8. El bajo flujo o sólidos espesados son automáticamente bombeados de la unidad, como sea requerido, basándose en la densidad de dichos sólidos en la descarga. Un aumento en la densidad de la descarga resultará en un incremento de la cantidad de lodos en la descarga. Y por el contrario una disminución en la densidad de la descarga resultará en un decremento de la cantidad de lodos en la descarga. Un inversor de frecuencia normalmente ajusta la velocidad de la bomba que se utiliza para manejar dichos lodos. Los controles deben de estar programados para proporcionar una cantidad mínima de descarga de lodos sin tomar en cuenta la densidad de dichos lodos. La cantidad mínima de flujo debe de ser suficiente que permita un bombeo constante tanto que se pueda medir el valor de la densidad.

Si los niveles de la zona de compactación y la zona de sedimentación complicada empiezan a subir, resultará en una mala desecación y una floculación más pobre, el sensor del nivel de cama de la zona de sedimentación complicada recogerá un



---

---

## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

---

---

- incremento en el nivel de cama, lo cual estará indicada como un 100% de nivel de cama. Una vez que el 100% de nivel de cama ha sido censado (o excedido) por más de 10 minutos, el lazo de control de la descarga de lodos debe ser accionado por los controles automáticos, y la bomba de lodos deberá empezar a operar a una salida alta hasta que la señal del transmisor de nivel de cama de la zona de sedimentación complicada alcance un 80% de indicación de nivel. La salida de la bomba de descarga de lodos debe entonces regresar al lazo de control de la densidad normal.
9. Cuando la densidad esté 10% debajo del valor fijado de control, pero el nivel de la cama medido por el dispositivo muestra un nivel alto de cama, este indicaría que la alimentación suministrada está bajo-floculada. El sistema de control deberá entonces ajustar automáticamente el valor de operación de dosificación de floculante incrementándolo un 20 %.
  10. La dosificación de floculante a la alimentación deberá estar controlada automáticamente por un inversor de frecuencia, el cual debe controlar la velocidad de la bomba de dosificación. El inversor de frecuencia debe de ajustar la velocidad de la bomba de alimentación de floculante de acuerdo a la salida del lazo de control. El flujo de masa alimentada debe derivarse de las medidas que indiquen el flujómetro y el densímetro de la línea de alimentación al E-CAT. La dosificación de floculante debe ser proporcional con los sólidos alimentados para que unos gamos específicos de floculante sean dosificados por tonelada de sólidos suministrados. La cantidad de floculante agregado debe ser ajustado para que todo el material alimentado esté completamente floculado.
  11. El agua clarificada cae al vertedero dentro de la canaleta ensamblada. Después es descargado a través del cajón y la tubería de descarga del agua clarificada. Los ajustes en la altura del vertedero están hechos, como se necesita, para mantener el nivel de líquido en el tanque Clarificador/Espesador.



#### **4.2.- PARÁMETROS DE UNA OPERACIÓN NORMAL.**

##### Operación Normal.

1. Operación Normal – Durante la operación normal, la indicación de nivel de la cama, que es censada por el transmisor de nivel, debe estar a o debajo del 30% del nivel de la cama. Eso indica que el rango de floculación de la mezcla alimentada es efectivo, y que el nivel de la cama de la zona de sedimentación complicada está siendo mantenido en un nivel aceptable.

Nota: Un registro de nivel de la cama arriba del 30% indicaría una expansión del nivel de cama de la zona de sedimentación complicada y posible turbidez en el agua recuperada.

- a. Cuando opera normalmente, el clarificador/espesador E-CAT producirá densidades en la pulpa de descarga en un rango de entre 50% a 57% de sólidos por peso.
- b. Cuando opera normalmente, el clarificador/espesador E-CAT la dosificación de floculante debe colocarse a un rango de dosificación de 20g/ton con una lectura del indicador de nivel de cama debajo del nivel de cama máximo fijado de un 30%.
- c. Cuando opera normalmente, el clarificador/espesador continuamente arrojará agua clarificada. El agua de la parte más baja del E-CAT asciende a través de la tubería de desecación para mezclarse con el flujo del influente suministrado. El flujo que atraviesa la tubería de desecación es generalmente fuerte y contiene algunos flóculos suspendidos. El agua de la zona de sedimentación libre asciende a través de los cilindros clarificadores, donde los flóculos y pequeñas partículas se sedimentan, y el líquido clarificado asciende a la cima del tanque donde es descargado en todo el vertedero y dentro del canal para retirarlo de la unidad (usualmente por flujo gravitacional). El agua clarificada debe ser revisada visualmente en el canal del vertedero en la cima del clarificador/espesador cada dos horas. En este punto, el agua debe de ser clara, y llevando una cantidad mínima de sólidos. Para determinar si el agua clarificada no es aceptable, llene un frasco de un litro con una muestra del agua clarificada. Permita que la muestra se sedimente y repose alrededor de tres minutos. Si al final del tiempo de la sedimentación el fondo del frasco es cubierto con sólidos y el agua clarificada no es aceptable, ajuste el control de dosificación (como incrementar el rango de dosificación de floculante) como sea requerido.



## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

Nota: Revise el rango de desecación al menos dos veces cada cambio. Esta es la primera señal de mal funcionamiento del espesador y puede ayudar a evitar que se almacene material y se tape.

2. Los parámetros de control inicial son:

CONTROL	VALOR ESTABLECIDO
Control de la densidad en la descarga	55% de Sólidos.
Rango de flujo en la descarga	MAX
Tiempo de retraso en el bajo flujo	5 Minutos
Porcentaje en el nivel de cama para accionamiento de la bomba en bajo flujo	100%

3. Monitoreo inicial/Los valores establecidos para las alarmas son:

ALARMA/VALOR MONITOREADO	VALOR ESTABLECIDO
Nivel alto de la alarma – el sensor del nivel de cama de la zona complicada.	90%
Densidad de descarga alarma de la densidad alta.	60% de sólidos.
Densidad de descarga alarma de la densidad baja.	50 % de sólidos.



### 4.3.- AJUSTES DURANTE LA OPERACIÓN.

Ajustes de las operación.

1. Un valor en la cama de nivel de la zona sedimentación complicada por encima del 30% indicaría una expansión de dicho nivel y una posible turbidez en el agua recuperada. La razón de esta condición en el valor alto es normalmente una floculación ineficaz. La floculación podría ser ineficaz por varias razones. Algunas de las causas más comunes son:
  - a. Preparación incorrecta del floculante. La concentración de floculante no debe de ser ni muy fuerte ni muy débil. Ajuste la preparación de floculante, como se requiera.
  - b. Añejamiento de floculante hidratado. La actividad del floculante hidratado normalmente decrece alrededor de un periodo de 24 horas. Asegurar que una cantidad suficiente de floculante fresco este siempre disponible.
  - c. Bombeo insuficiente de floculante. La bomba de floculante puede no bombear la cantidad requerida de floculante debido a partes desgastadas de la bomba, línea de dosificación tapada, válvulas abiertas de manera inadecuada, etc. Revise que las líneas y válvulas no estén bloqueadas o válvulas colocadas de manera inadecuada. Revise la bomba de floculante para conocer las condiciones y la forma de operación apropiada, busque en las instrucciones del fabricante. Brinde mantenimiento a la bomba, válvulas y tuberías, como sea requerido.
  - d. Floculante ineficaz con respecto al cuerpo del mineral. Variantes en las características del cuerpo del mineral tales como distribución del tamaño de partícula, carga de la partícula y composición geológica del cuerpo del mineral pueden afectar las características de sedimentación de los residuos. Utilice un floculante adecuado de acuerdo a las características del mineral, o ajuste el rango de alimentación de floculante, como se requiera.
  - e. Punto de dosificación. El punto en el cual el floculante es dosificado (agregado) dentro del material alimentado (influyente) puede ser un factor principal en la floculación apropiada de la alimentación. El cribado y las pruebas de sedimentación del floculante deben ser factor cuando se determine el punto en donde el floculante debe ser agregado a la alimentación.



---

---

## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

---

---

2. Densidades en la descarga de sólidos fuera del rango de 50% a 57% de sólidos indica condiciones anormales en la descarga. Si la densidad de la descarga de sólidos esta por encima del 60% existe el peligro de que la tubería de descarga se tape. Por otro lado, trabajando el clarificador-espesador con una descarga de sólidos por abajo del 50% resultará en grandes pérdidas de agua. Las razones para las condiciones anormales de la descarga de sólidos son:
- a. Si el material alimentado contiene una gran proporción de residuos de gravilla, un aumento súbito en la densidad de la descarga de sólidos puede ocurrir.
  - b. Cuando el material sólido se almacena en la pared del tanque, y después llega a ser desalojado, se reflejará en un aumento en la densidad de la descarga de sólidos.
  - c. Una floculación pobre, o un exceso en la floculación, puede resultar también en una baja o alta densidad en la descarga de sólidos.
  - d. Extraordinariamente un nivel alto en la cama de la zona de sedimentación complicada con densidades bajas en la descarga de sólidos podría ser una indicación de un “agujero de rata”. Un “agujero de rata” puede formarse con los sólidos almacenados en la pared del tanque en la sección del cono del fondo del E-CAT causando la formación de un agujero o canal en la pulpa compactada en la zona de consolidación o compactación. La densidad baja de la pulpa de la zona de sedimentación complicada puede fluir a través de este canal a la tubería de descarga al fondo del tanque sin ser compactada apropiadamente antes de la descarga. Vaciar el tanque y remover físicamente (los residuos) los depósitos de la pared del tanque es la única manera para arreglar este contratiempo en el proceso.

Todas las condiciones anteriores deben estar bajo el cuidado de los controles automáticos de la descarga. Si estas condiciones persisten, revise lo siguiente:

- a. El software de control y valores de P&ID.
- b. Densímetro de la descarga de sólidos.
- c. La actuación de la bomba de descarga (comprobar que la bomba puede alcanzar los rangos de flujo. Revise el desgaste del impulsor. Revise que la tubería de descarga no esté tapada, restringida o válvulas colocadas inadecuadamente.



---

---

## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

---

---

- d. Operación del flujómetro de la descarga (si el rango de flujo en la descarga no está directamente relacionado con la velocidad de salida de la bomba, el flujómetro debe ser revisado, busque en las instrucciones de fábrica. Si puede verificarse por medio de la prueba de gota estándar.
3. Cuando la velocidad de la bomba de floculante no aumente/disminuya con un incremento/decremento de la llegada de los sólidos alimentados, verifique lo siguiente:
    - a. Revise el sistema de control y el transmisor del nivel de la cama, busque en las instrucciones del fabricante. Recalibre el transmisor del nivel de la cama, si se requiere. Revise los componentes del sistema de control automático, busque en las instrucciones de fabricación.
    - b. Revise los componentes del sistema de dosificación de floculante (por ejemplo si la bomba no está bloqueada), busque en las instrucciones del fabricante.
  4. Durante una operación normal, el agua asciende de la parte más baja del tanque E-CAT a través de la tubería de desecación y descarga en la zona de alimentación. El flujo a través de la tubería de desecación generalmente es fuerte y contiene algunos sólidos suspendidos. Si el flujo es muy débil, o el flujo no es evidente, o si el agua clarificada está muy sucia, probablemente es el resultado de un nivel alto de la cama en la zona de sedimentación complicada. Para remediar esto, baje el nivel de la cama incrementando la velocidad de la bomba de descarga de sólidos. Si eso no corrige el problema, debe vaciar el tanque y revisar las paredes del tanque y limpiar los sólidos almacenados, si es necesario.

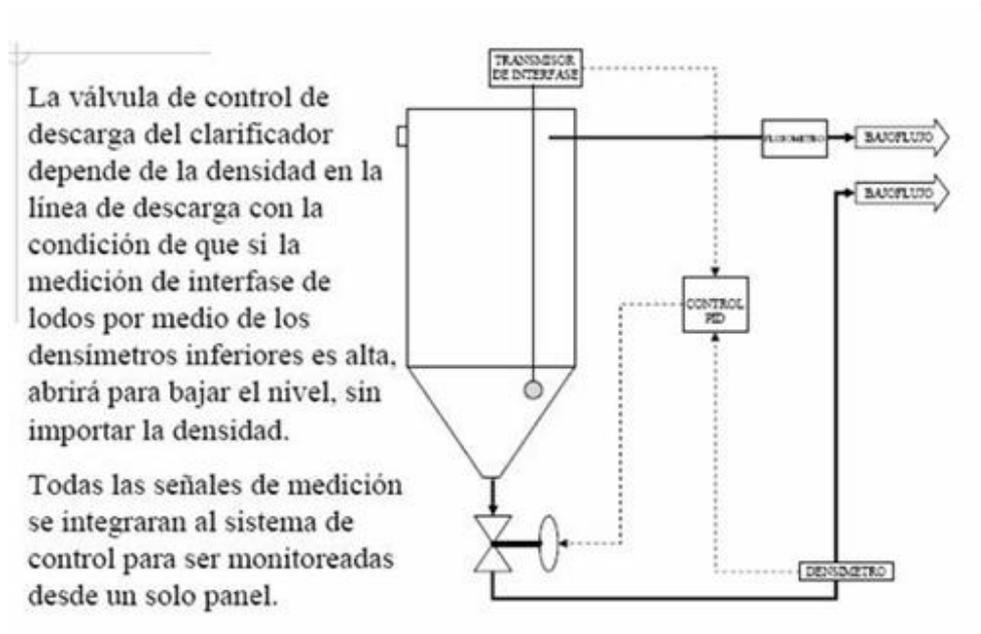
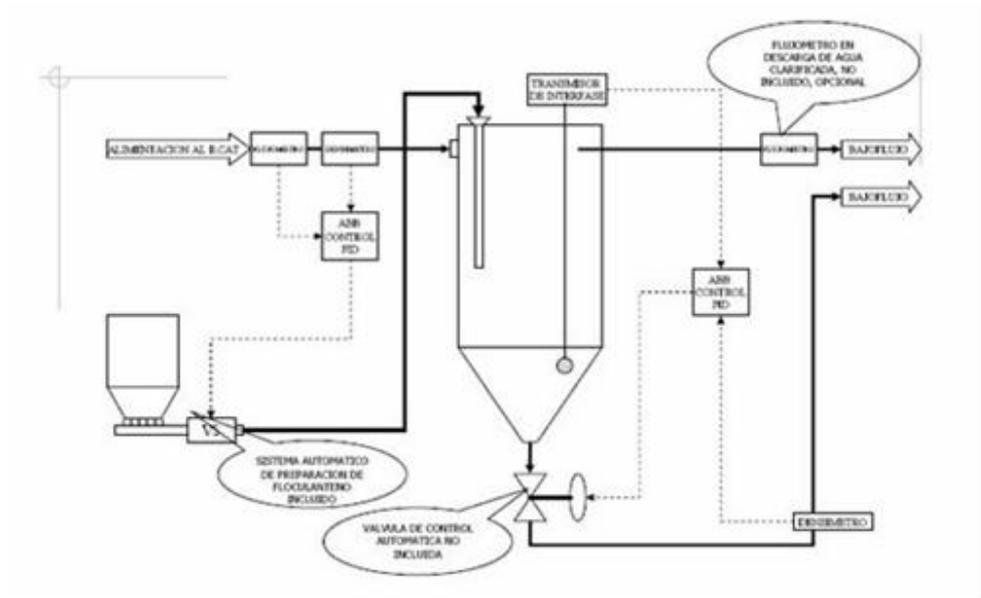


Fig. 4.5.- Lazos de control del clarificador-espesador E-CAT, control de densidad de salida.



#### **4.4.- PROCEDIMIENTO DE PARO DEL SISTEMA DE CLARIFICADO Y ESPESADO.**

Proceso de paro del tanque Clarificador-Espesador E-CAT.

1. Pare tanto las bombas de alimentación de pulpa al tanque clarificador/espesador como la bomba de dosificación de floculante.
2. Cuando la densidad de la descarga ha descendido a un rango de 1.05 RD, vacíe la línea de descarga alrededor de 5 minutos, después pare la bomba de descarga (esto asegurándose de que no ocurra un bloqueo en la línea de descarga).
3. Vacíe y limpie el tanque E-CAT, removiendo todos los sólidos acumulados.
4. Revise que el mecanismo del E-CAT este en buenas condiciones, haga las reparaciones que sean necesarias.
5. Revise y de mantenimiento a todos los accesorios del equipo, busque en el manual de instrucciones de fábrica.
6. Revise y ajuste los parámetros de control, si se requiere.

#### **4.5.- CONTROL DEL SISTEMA DE PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DE FLOCULANTE.**

##### **Funcionamiento:**

El SPP-400 es una unidad compuesta por dos contenedores de plástico blanco, el contenedor superior es para maduración del polímero y el contenedor inferior para la disposición final.

El polímero en polvo es depositado en la tolva del alimentador volumétrico de tipo gusano, el cual es calibrado previamente y depositado el cono de extracción por succión por medio del soplador de aire seco es transportado hasta la parte superior al jet Web donde inicia el proceso de preparación humectando el polvo con una lluvia de agua antes de llegar al contenedor de agitación y maduración.

Durante la calibración del alimentador de polvos, la cantidad suministrada por el alimentador, es ingresada a la unidad de control, como un valor particular para el polielectrolito usado. De este modo, la concentración de la solución de polímero puede ser seleccionada entre 0.05 y 1.0 %. El alimentador de polvos, dosifica la cantidad requerida de polvo, en proporción a él flujo de alimentación de agua.



La tolva del alimentador de polvos, cuenta con sistema de calentamiento de luz concentra para evitar la formación de grumos de polímero con la humedad ambiente.

El proceso de preparación es controlado por medio de un interruptor de nivel, en el tanque de maduración. Al iniciar el ciclo automáticamente abre la válvula de agua e inicia el llenado del tanque superior, es llenado hasta el primer nivel momento en el cual arranca el agitador e inicia la dosificación del polvo impulsado por el soplador de aire seco durante el tiempo preajustado de calibración del alimentador volumétrico. El llenado concluye hasta el que el contenedor llegue a su nivel máximo de preparación. En este momento inicia el contador de tiempo de maduración.

Al termino del tiempo de maduración si el contenedor de disposición final tiene un nivel bajo abrirá la válvula de transferencia para vaciar el polímero preparado e inicia un nuevo ciclo de preparación. El SPP-400 esta programado para un tiempo de ciclo de 70 min. En caso de requerir un tiempo de maduración diferente, este deberá ser programado dependiendo del tipo de polímero que se vaya a utilizar. La preparación inicia cuando se ha alcanzado el volumen mínimo en el tanque de disposición final.

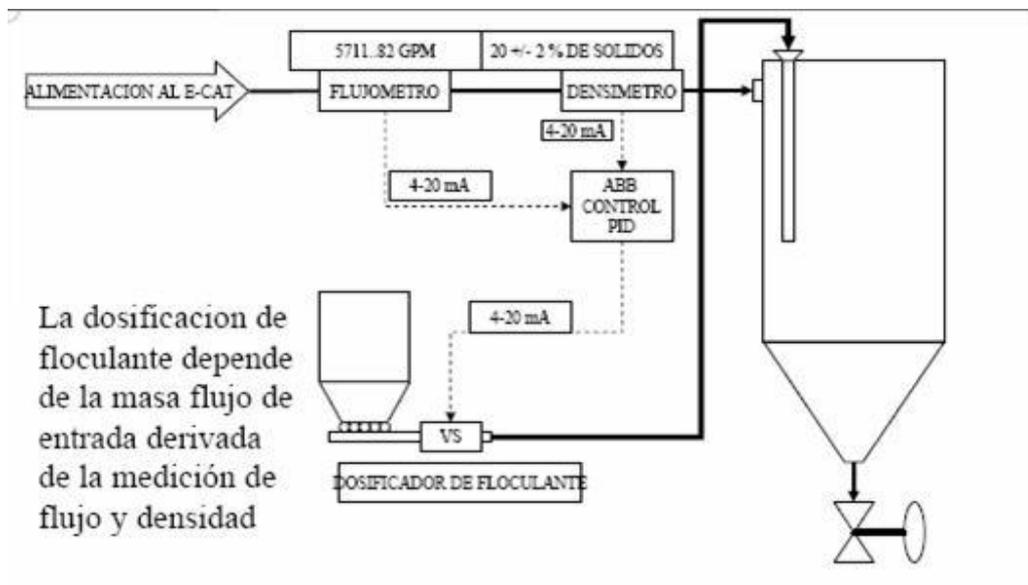


Fig. 4.6.- Lazos de control del clarificador-espesador E-CAT, control de dosificación de floculante.



## CONCLUSIONES.

Con base a las pruebas de laboratorio y a la respuesta del mineral, se obtuvo que el comportamiento a sedimentarse del mineral es rápido y lo que afecta es la definición en el clarificado por el tipo de floculante utilizado en dichas pruebas (ya que presenta turbidez persistente). Al probar con el CIBA 342 se obtuvieron buenas velocidades de sedimentación, pero la turbidez se mantuvo alta (en comparación con lo obtenido en algunas pruebas anteriores); mientras que el CYTEC N300 presentó una mayor velocidad de sedimentación y un clarificado mucho mejor.

Por tal razón se definió a este último como el posible para utilizarse en las pruebas que se harían en campo con la planta piloto. El consumo de floculante se mantuvo entre 10 a 15 grs/ton. Por lo tanto con estos parámetros obtenidos en estas pruebas se procedió a realizar las pruebas en campo con la planta piloto.

Los resultados obtenidos con la planta piloto nos muestran que es posible espesar y clarificar los jales de planta en muy buena forma, obteniéndose las facilidades que ofrece el equipo al no tenerse partes en movimiento y poder aprovechar las ventajas de manejar flujos por gravedad; además de obtenerse una descarga de sólidos muy consistente y manejable.

La estabilización de los resultados queda en promedios de poder alimentar a una unidad industrial de 60 a 80 tph y poder obtener descargas con 63 – 65 % de sólidos y clarificados de 30 a 35 ppm, considerando las condiciones y características del mineral (si no son tan cambiantes); además de considerar el uso del floculante N300.

Con base a estos parámetros obtenidos con la planta piloto, una vez que se terminó la instalación del Clarificador-Espesador, el tanque trabajó de manera manual para poder analizar el comportamiento del mismo y determinar las variables que arrojaran los mejores resultados y dejar el control del proceso en un óptimo desempeño.

En un balance preliminar que se realizó en las pruebas del tanque ya con alimentación de las colas de mineral; se tiene que en promedio para una molienda de 74 tons/hr. Existe una alimentación de material fino (con un promedio de 16% de sólidos) al tanque de 166.968 M<sup>3</sup>/hr. Lo que deriva en una descarga de 54% de sólidos y un derrame de agua clarificada de 98.33 M<sup>3</sup>/hr. Manteniéndose la alimentación de floculante en 6.6 lts/min. La relación fue de 12.47 g/ton con una concentración del 0.1%.



---

---

## CLARIFICADOR-ESPESADOR E-CAT

---

---

Con base a estos resultados se puede observar que en promedio se logra recuperar más del 80% de agua de manera instantánea y continua con este sistema; cuando con el sistema anterior se recuperaba menos del 40% de agua, es decir que se recupera más del doble de la cantidad de agua con el tanque Clarificador-Espesador E-CAT.

De acuerdo a las características de la planta, la cantidad de agua que se requiere para moler una tonelada de mineral es aproximadamente de 2.3 a 2.5 M<sup>3</sup> con una concentración de 30% de sólidos por lo que si se logra recuperar alrededor del 80% de agua se necesitará en mucho menor proporción agua fresca, generando un ahorro en el consumo de la misma, derivando en bajos costos por la utilización de menor cantidad de agua fresca, sólo el 20% por tonelada.

La instalación del tanque Clarificador-Espesador E-CAT ha beneficiado a la planta ya que se presentan menos interrupciones en los procesos por la falta que se tenía de agua, con la recirculación de agua se pueden mantener los procesos en operación mientras se corrigen las fallas que se tengan en el interior de la mina, lugar de donde se bombea el agua fresca; por lo que se han minimizado las pérdidas por dejar de producir y los costos y tiempos muertos que generan dichos paros.

La alternativa de poder instalar un tanque Clarificador-Espesador E-CAT con los últimos desarrollos en instrumentación y control de procesos en conjunto con los agentes químicos utilizados en la sedimentación forzada, para implementar un circuito de recirculación de agua es una medida que muchas plantas que se dedican al proceso de beneficio de minerales pudieran tomar en cuenta para optimizar la utilización de agua fresca y aún más si en el lugar que se encuentran dichas plantas existe escasez de agua, además del beneficio que trae consigo el ahorro de agua fresca en cuestión de costos.

El tanque Clarificador-Espesador trae a la planta el beneficio de poder contar con agua clara de manera continua e instantánea se ahorra mucho en los costos que genera el uso de agua fresca y se cumple con la ley del Medio Ambiente con respecto a la disposición de corrientes de efluentes ya que se reduciría al mínimo la descarga de agua en las presas de jales por lo que no habría tantas pérdidas de agua por la evaporación, transpiración o por la infiltración de dicha agua.

---

---

# APÉNDICES.

**EIMCO** Baker Process Engineering BOM - Collated

DOM NUMBER: BAP1321-352L  
 DWG NO: BAP1321-352  
 DWG NO: N/A

DESC: RAKE ARM ERECTION  
 DESC: RAFFINERS, 105" DIA, W/COULT DRIVES (2)

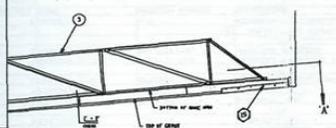
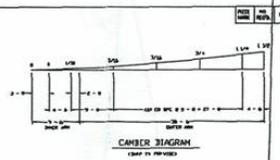
MADE BY: BS  
 CHECKED BY: CR  
 RELEASE DATE: 01/02/02  
 PR. PRINT DATE: 03/15/02

REV: 1 + QTY: 2

BUHL	QTY	REV	QTY	ITEM	DRAWING NUMBER	DESCRIPTION	REV	ON IS	WEIGHT
1	2			DRAWINGS	N/A	ASSEMBLY & REFERENCE		EA	0
						BAP1321-352 RAKE ARM ERECTION			
						DWG FOR FABRICATOR			
						196233 RAKE ARM DETAILS			
3	2			41107400-01	1107400	RAKE ARM, INNER SECTION, STL	1 +	EA	1052
5	2			4196230A	196230	RAKE ARM, OUTER, 110' TO 125' DIA 196233 RAKE ARM DETAILS	1 +	EA	5472
8	2			41107401-01	1107401	RAKE BLADE, INNER, STL	1 +	EA	240
9	2			41107402-01	1107402	RAKE BLADE, STL	1 +	EA	380
10	2			41107403-01	1107403	RAKE BLADE, STL	1 +	EA	380
11	2			41107404-01	1107404	RAKE BLADE, STL	1 +	EA	380
12	2			4295454A	295454	BLADE, RAKE, MIDDLE, STL	A +	EA	388
13	2			4295455A	295455	BLADE, RAKE, OUTER, STL	1 +	EA	372
14	4			4495559A	495559	RAKE ARM SPLICE MEMBERS, STL	A +	EA	312
15	2			4495559B	495559	RAKE ARM SPLICE MEMBERS, STL	A +	EA	184
17	2			41116872-01	1116872	SQUASHER, 316 SS, 20 GA	1 +	EA	16
18	8			1116872-02	1116872	SQUASHER, 316 SS, 20 GA	1 +	EA	64
19	2			1116872-03	1116872	SQUASHER, 316 SS, 20 GA	1 +	EA	16
20	2			1116872-04	1116872	SQUASHER, 316 SS, 20 GA	1 +	EA	16
1	2			REVISION	N/A	ENGINEERING CHANGES REV 16083 (REV 3) INITIAL RELEASE	1 +	EA	0

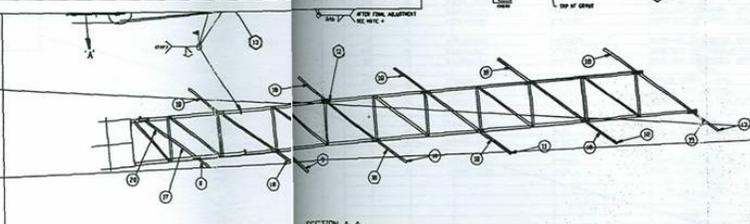
DOM NUMBER: BAP1321-352L    DESC: RAKE ARM ERECTION    PAGE: 28 OF 34    TOTAL WEIGHT: 10072

Sub-parts list references applicable drawing by number and title



Drawing references applicable parts list page on which bubble items are found

Listing of other Erection or Assembly drawings to be used as reference



NOTES:  
 1. THE SPICE CONNECTIONS BY SHOWN ARE MEANS FOR SPACING ONLY.  
 2. CONNECTIONS BETWEEN MEMBERS, INCLUDING MEMBERS  
 3. IF SHOWN ARE MEANS FOR THE SPACING OF THE GIRDER AND  
 4. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR  
 5. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR  
 6. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR  
 7. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR  
 8. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR  
 9. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR  
 10. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR  
 11. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR  
 12. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR  
 13. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR  
 14. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR  
 15. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR  
 16. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR  
 17. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR  
 18. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR  
 19. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR  
 20. THE GIRDER AND MEMBERS, INCLUDING MEMBERS AND SHOWN ARE MEANS FOR

DATE	BY	CHKD	APP'D
01/02/02	BS	CR	
EIMCO Process Engineering Company A Baker Process Company			
RAKE ARM ERECTION			
105" - 0 DIA			
REV 16083 (REV 3) INITIAL RELEASE			

**EIMCO**

DOM NUMBER: bap1321-300      DESC: CLARIFIERS, 105' C3, W/C40LT DRIVES (2)

MADE BY: MCS  
CHECKED BY: CSM  
APPROVED BY:  
RELEASE DATE: 01/02/02  
PRINT DATE: 02/15/02

PAGE#	PART NUMBER	DESCRIPTION
3	BAP1321-300	CLARIFIER, 105' C3, W/C40LT DRIVES (2)
3-1	BAP1321-300A	DRIVE UNIT, C40LT
3-4	BAP1321-310	DRIVE COMPLETE, C40LT
5	1501385	CLAMPING & FASTENING INSTRUMENT
6-8	BAP1321-331	WORM DRIVE ASSEMBLY, C40LT
8-11	1115584-2	C40LT DRIVE ASBY
12-14	1115209-4	WORM GEAR ASBY, C40LT/HT
15	1202216	WORMING ASBY, 800MM, C3
16	1202243-3	WORM GEAR ASBY, 800
17	120470414	DRIVE CONTROL, 4/200VAC
18-21	1115751-1	DRIVE CONTROL, 800V, 3PH, W/O POT
22	142080-1	SEALY ASBY, CERTIFIED SUPPLIER, BEARING &
23-24	BAP1321-340	SEALY PARTS
24-26	BAP1321-300B	SEALY PARTS
27	BAP1321-351L	GENERAL ERECTION
28	BAP1321-351R	GENERAL ERECTION
29	BAP1321-351L	ERECTING MECHANISM ERECTION
30-31	1202081-3	ERECTOR ASBY, PLATFORM, TYPE B**
32-33	BAP1321-354L	WALKWAY AND PLATFORM ERECTION
34	BAP1321-354R	SEALY PARTS

PAGE: 1 OF 1

Master parts list pages are indicated by the "M" designation. Arrangement drawings, notes and some parts are found on these pages

Title of parts list on index page indicates the title on the sub-parts list page, and the title of the Erection or Assembly drawing that relates to that parts list page

Page numbers on the parts list index page indicate the page number of the sub-parts list page

**EIMCO**

Baker Process Engineering DOM - Collated

DOM NUMBER: BAP1321-351L      Dwg NO: BAP1321-351      DESC: GENERAL ERECTION      MADE BY: RS  
TOP PARENT: bap1321-300      Dwg NO: N/A      DESC: CLARIFIERS, 105' C3, W/C40LT DRIVES (2)      CHECKED BY: CSM  
RELEASE DATE: 01/02/02      PRINT DATE: 02/15/02

REV: 2      QTY: 2

SUBJ	QTY	TOP QTY	ITEM	DRAWING NUMBER	DESCRIPTION	REV	DR	WTG
1	0	0	0	N/A	ASSEMBLY & ERECTION		EA	0
					BAP1321-351 GENERAL ERECTION DRAWING			
4	1	2	BAP1321-352L	BAP1321-352	WAKE ARM ERECTION	1	EA	10072
5	0	2	BAP1321-352R	BAP1321-352	WALKWAY MECHANISM ERECTION	1	EA	9454
6	1	2	BAP1321-354L	BAP1321-354	WALKWAY AND PLATFORM ERECTION	1	EA	10220
8	0	0	11107317-01	11107317	COUPL, STL	1	EA	4552
10	0	4	11107318-01	11107318	FREMEL, STL	1	EA	3160
11	2	4	11107318-02	11107318	FREMEL, STL	1	EA	3160
12	1	2	11107319-01	11107319	BRACKET, COLUMN, STL	1	EA	6010
14	2	4	903328A	903325	SUPPORT, FREMEL, STL	1	EA	1188
15	2	4	903325C	903325	SUPPORT, FREMEL, STL	1	EA	1168
16	4	8	88842A	88842	BRACKET, SUPPORT, FREMEL, STL		EA	64
17	4	8	89514A	89514	BRACKET, FREMEL, SUPPORT, STL		EA	64
18	2	4	903347A	903347	BRACE, CORNER, STL		EA	44
19	2	4	903347C	903347	BRACE, CORNER, STL		EA	44
20	1	2	903348A	903349	BRK PKGAGE, FOR C30/C40 DRIVES, STL		EA	32
50	8	16	895343X	895343	STUD ASBY, 1/4" 1 1/4X17		EA	0
51	0	16	101090	N/A	STUD, BS, 3/4" 1 1/4X7		EA	16
52	0	16	89044X	89044	CAPSCREW, 1/4" 1/4X10-3/4		EA	0
53	1	1	89045	89045	COUPLER, W/DR UNIT, 1-1/4"		EA	0
0	0	0	REVISION	N/A	ENGINEERING CHANGES		EA	0
					EN 16081 (REV. 1) INITIAL RELEASE			
					EN 16233 (REV. 2) ADDED ITEMS 50, 51, 52, 53			

DOM NUMBER: BAP1321-351L      DESC: GENERAL ERECTION      PAGE: 27 OF 34      TOTAL WEIGHT: 51062

**EIMCO** Baker Process Engineering BOM - Collated

BOM NUMBER: BAP1321-351L DWG NO: BAP1321-351L DESC: GENERAL ERECTION MADE BY: RS  
 TOP PARENT: BAP1321-350 DWG NO: N/A DESC: CLARIFIERS, 105' C3, W/C40LT DRIVES (2) CHECKED BY: CBS  
 PRINT DATE: 03/15/02

REV	QTY	POF	QTY	ITEM	DRAWING NUMBER	DESCRIPTION	REV	UNIT	WEIGHT
1	0		0	DRAWINGS	N/A	ASSEMBLY & REFERENCE		EA	0
						BAP1321-351 GENERAL ERECTION DRAWING			
4	1		1	BAP1321-352	BAP1321-352	RAKE ARM ERECTION	1	EA	10072
5	1		1	BAP1321-353	BAP1321-353	SLIPWALK MECHANISM ERECTION	1	EA	2426
6	1		1	BAP1321-354	BAP1321-354	WALKWAY AND PLATFORM ERECTION	1	EA	30820
9	1		1	1107317-01	1107317	CAGE, STL	1	EA	4842
10	2		2	41107318-01	1107318	FERROWELL, STL	1	EA	3560
11	2		2	41107318-02	1107318	FERROWELL, STL	1	EA	2860
12	1		1	21107319-01	1107319	INFILTRANT COLUMN, STL	1	EA	4012
14	2		2	4002826	002826	SUPPORT, FERROWELL, STL	1	EA	1388
15	2		2	4903925	903925	SUPPORT, FERROWELL, STL	1	EA	1168
16	4		4	8888228	88842	BRACKET, SUPPORT, FERROWELL, STL	1	EA	64
17	4		4	8888314	885314	BRACKET, FERROWELL, SUPPORT, STL	1	EA	54
18	2		2	4902847	902847	BRACE, CORNER, STL	A	EA	44
19	2		2	4902847	902847	BRACE, CORNER, STL	A	EA	44
20	1		1	2905269	905269	SHIM PACKAGE FOR C10/C40 DRIVES, STL	A	EA	12
50	8		8	16895343	895343	STUD ASBY, 316 1/4X17	+	EA	0
51	8		8	16895343	N/A	NUT, HEX 316 1/4-7	+	EA	16
52	8		8	16895343	895343	CAPSCREW, 1/2-18X10-3/4	+	EA	0
53	1		1	259045	89045	CONDUIT W/TS UNIT, 1-1/4"	+	EA	0
0	0		0	REVISION	N/A	ENGINEERING CHANGES	+	EA	0
						RM 16081 (REV. 1) INITIAL RELEASE			
						RM 16223 (REV. 2) ADDED ITEMS 50, 51, 52, 53			

BOM NUMBER: BAP1321-351L DESC: GENERAL ERECTION PAGE: 27 OF 34 TOTAL WEIGHT: 61061

A item listing that ends in "L" indicates a sub-parts list on a following page that applies to a different Assembly drawing

Sub-parts list references applicable Erection or Assembly drawing by title and drawing number

**EIMCO** Baker Process Engineering BOM - Collated

BOM NUMBER: BAP1321-352L DWG NO: BAP1321-352L DESC: RAKE ARM ERECTION MADE BY: RS  
 TOP PARENT: BAP1321-350 DWG NO: N/A DESC: CLARIFIERS, 105' C3, W/C40LT DRIVES (2) CHECKED BY: CBS  
 PRINT DATE: 03/15/02

REV	QTY	POF	QTY	ITEM	DRAWING NUMBER	DESCRIPTION	REV	UNIT	WEIGHT
1	0		0	DRAWINGS	N/A	ASSEMBLY & REFERENCE		EA	0
						BAP1321-352 RAKE ARM ERECTION			
						WMS FOR FABRICATOR			
						196231 RAKE ARM DETAILS			
3	2		2	41107400-01	1107400	RAKE ARM, ENDER ERECTION, STL	1	EA	1622
5	2		2	41107400-02	1107400	RAKE ARM, OUTER, 110" TO 125" DIA	1	EA	5472
						196231 RAKE ARM DETAILS			
8	2		2	41107401-01	1107401	RAKE BEAMS, INNER, STL	1	EA	240
9	2		2	41107402-01	1107402	RAKE BEAMS, STL	1	EA	360
10	8		8	41107402-02	1107402	RAKE BEAMS, STL	1	EA	360
11	2		2	41107404-01	1107404	RAKE BEAMS, STL	1	EA	380
12	2		2	4228454	228454	BLADE, RAKE, MIDDLE, STL	A	EA	388
13	2		2	4228455	228455	BLADE, RAKE, OUTER, STL	+	EA	372
14	4		4	8495559	495559	RAKE ARM SELECT MEMBERS, STL	A	EA	112
15	4		4	8495559	495559	RAKE ARM SELECT MEMBERS, STL	A	EA	144
17	2		2	41116872-01	1116872	ROD/SHOULDER, 316 SS, 20 GA	1	EA	16
18	8		8	41116872-02	1116872	ROD/SHOULDER, 316 SS, 20 GA	1	EA	64
19	2		2	41116872-03	1116872	ROD/SHOULDER, 316 SS, 20 GA	1	EA	16
20	2		2	41116872-04	1116872	ROD/SHOULDER, 316 SS, 20 GA	1	EA	16
1	0		0	REVISION	N/A	ENGINEERING CHANGES	+	EA	0
						RM 16081 (REV. 1) INITIAL RELEASE			

BOM NUMBER: BAP1321-352L DESC: RAKE ARM ERECTION PAGE: 28 OF 34 TOTAL WEIGHT: 10072



Baker Process Engineering BOM - Collated

BOM NUMBER: BAP1321-351L  
TOP PARTNO: BAP1321-351

WING NO: BAP1321-351  
WING NO: N/A

DESC: GENERAL ERECTION  
DESC: 105' DIA, W/C40LT DRIVES (2)

MADDE BY: BS  
CHECKED BY: CBR  
RELEASE DATE: 03/02/02  
PRINT DATE: 03/15/02

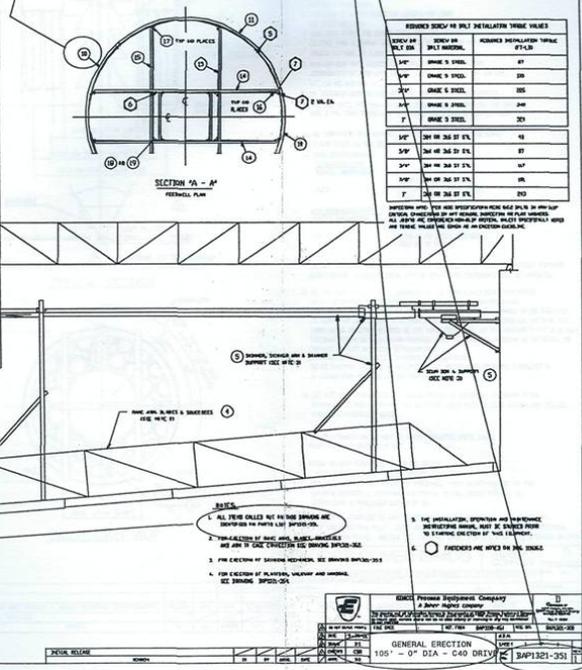
REV	QTY	ITEM	DRAWING NUMBER	DESCRIPTION	REV	UM	WEIGHT
0	0	DRAWINGS	N/A	ASSEMBLY & REFERENCE BAP1321-351 GENERAL ERECTION DRAWING	+	EA	0
4	2	BAP1321-352L	BAP1321-352	RAKE ARM ERECTION	1	EA	10072
5	2	BAP1321-353L	BAP1321-353	SKIMMING MECHANISM ERECTION	+	EA	9426
6	1	BAP1321-354L	BAP1321-354	WALKWAY AND PLATFORM ERECTION	1	EA	10920
9	1	1107317-01	1107317	CAGE, STL	1	EA	4842
10	2	1107318-01	1107318	FERDWELL, STL	1	EA	3560
11	2	1107318-02	1107318	FERDWELL, STL	1	EA	3560
12	1	1107319-01	1107319	INFLUENT COLUMN, STL	1	EA	6012
14	2	903925A	903925	SUPPORT, FERDWELL, STL	1	EA	1188
15	2	903925C	903925	SUPPORT, FERDWELL, STL	1	EA	1168
16	4	88842A	88842	BRACKET, SUPPORT, FERDWELL, STL	+	EA	64
17	4	895314A	895314	BRACKET, FERDWELL, SUPPORT, STL	+	EA	64
18	2	903947A	903947	BRACE, CORNER, STL	A	EA	44
19	2	903947C	903947	BRACE, CORNER, STL	A	EA	44
25	1	905369A	905369	SHIM PACKAGES, FOR C30/C40 DRIVES, STL	A	EA	12
50	8	895343X	895343	STUD ASBY, 3/16 1 1/4X17	+	EA	0
51	8	16F1090	N/A	NUT, HEX, 3/16 1 1/4-7	+	EA	16
52	8	16R044X	89044	CAPSULE, 1-1/4X10-3/4	+	EA	0
53	1	289045X	89045	COUPLER, W/DR UNIT, 1-1/4"	+	EA	0
0	0	REVISION	N/A	ENGINEERING CHANGES	+	EA	0
				EN 16081 (REV. 1) INITIAL RELEASE			
				EN 16233 (REV 2) ADDED ITEMS 50,51,52,53			

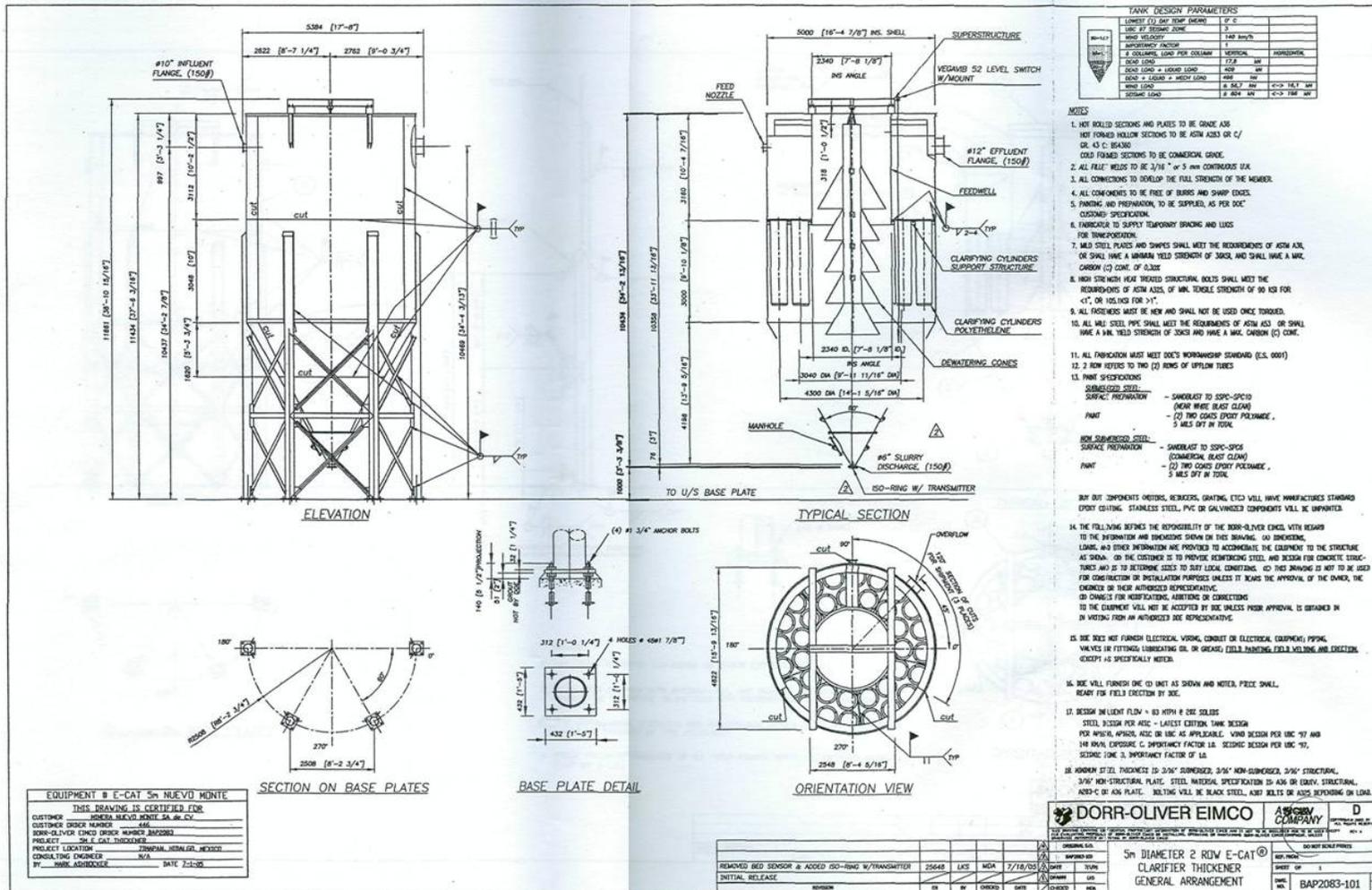
BOM NUMBER: BAP1321-351L DESC: GENERAL ERECTION PAGE: 27 OF 34 TOTAL WEIGHT: 51062

Parts list references applicable drawing by number and title

Item number on drawing corresponds to item number (and description) on referenced parts list page

Drawing references applicable parts list page on which bubble items are found





TANK DESIGN PARAMETERS	
LOWEST TDY DRY TEMP. DESIGN	9° C
WIND BY REGION ZONE	3
WIND VELOCITY	140 MPH
IMPORTANCE FACTOR	1
IS SEISMIC LOAD PER CODE/ASD	SEISMIC
DEAD LOAD	17.8 MW
DEAD LOAD + WIND LOAD	408 MW
DEAD + LOADS + WIND LOAD	468 MW
WIND LOAD	6.867 MW
SEISMIC LOAD	1.8 MW

**NOTES**

1. HOT ROLLED SECTIONS AND PLATES TO BE GRADE A36. HOT FORMED HOLLOW SECTIONS TO BE ASTM A513 OR C/ OR 43 C. 85430.
2. COLD FORMED SECTIONS TO BE COMMERCIAL GRADE.
3. ALL WELD JOINTS TO BE 3/16" OR 5 mm CONTINUOUS UJL.
4. ALL CONNECTIONS TO DEVELOP THE FULL STRENGTH OF THE MEMBER.
5. PAINTING AND PREPARATION TO BE SUPPLIED, AS PER DOE CUSTOMER SPECIFICATION.
6. FABRICATOR TO SUPPLY TEMPORARY BRACING AND LIGGS FOR TRANSPORTATION.
7. ALL STEEL PLATES AND SHIMMS SHALL MEET THE REQUIREMENTS OF ASTM A36, OR SHALL HAVE A MINIMUM YIELD STRENGTH OF 30ksi, AND SHALL HAVE A MIN. CARBON (C) CONT. OF 0.25.
8. HIGH STRENGTH HEAT TREATED STRUCTURAL BOLTS SHALL MEET THE REQUIREMENTS OF ASTM A325, OF MIN. TENSILE STRENGTH OF 90 KSI FOR 1/2", OR 105 KSI FOR 3/4".
9. ALL FASTENERS MUST BE NEW AND SHALL NOT BE USED ONCE TORQUED.
10. ALL WELD STEEL SHALL MEET THE REQUIREMENTS OF ASTM A53, OR SHALL HAVE A MIN. YIELD STRENGTH OF 30ksi AND HAVE A MAX. CARBON (C) CONT.
11. ALL FABRICATION MUST MEET DOE'S WORKMANSHIP STANDARD (E.L. 0001).
12. 2 ROW RETURNS TO TWO (2) RINGS OF UPFLOW TUBES.
13. PAINT SPECIFICATIONS:
  - PRIMER: SHERLOCK TO SSPC-SP10 SURFACE PREPARATION (NEAR WARE BLAST CLEAN), 5 MILS DFT IN TOTAL.
  - PAINT: SHERLOCK TO SSPC-SP10 SURFACE PREPARATION (COMMERCIAL BLAST CLEAN), (2) TWO COATS EPOXY POLYURETHANE, 5 MILS DFT IN TOTAL.

BUY OUT COMPONENTS, BOLTS, GRATING, FITTINGS WILL HAVE MANUFACTURER'S STANDARD EPOXY COATING. STAINLESS STEEL, PVC OR GALVANIZED COMPONENTS WILL BE IMPROPER.

14. THE FOLLOWING BENEATH THE RESPONSIBILITY OF THE BIDDING CONTRACTOR WITH REGARD TO THE INFORMATION AND DIMENSIONS SHOWN ON THIS DRAWING: (A) DIMENSIONS, LOADS, AND OTHER INFORMATION ARE PROVIDED TO ACCOMMODATE THE EQUIPMENT TO THE STRUCTURE AS SHOWN. (B) THE CUSTOMER IS TO PROVIDE DIMENSIONS AND DESIGN FOR CONCRETE STRUCTURES AND IS TO BE RESPONSIBLE TO STATE LOCAL CODES. (C) THIS DRAWING IS NOT TO BE USED FOR CONSTRUCTION OR INSTALLATION PURPOSES UNLESS IT BEARS THE APPROVAL OF THE OWNER, THE ENGINEER OR THEIR AUTHORIZED REPRESENTATIVE. (D) CHANGES FOR MISPLACING, OMITTING OR CORRECTING TO THE EQUIPMENT WILL NOT BE ACCEPTED BY DOE UNLESS PRIOR APPROVAL IS OBTAINED IN WRITING FROM AN AUTHORIZED DOE REPRESENTATIVE.

15. DOE DOES NOT FURNISH ELECTRICAL, VIBRATION, CORROSION OR ELECTRICAL EQUIPMENT, PIPING, VALVES OR FITTINGS, LUBRICATING OIL, OR GREASE, FIELD PAINTING, FIELD WELDING, AND ERECTION, EXCEPT AS SPECIFICALLY NOTED.
16. DOE WILL FURNISH ONE (1) UNIT AS SHOWN AND NOTES, PRICE SHALL BE READY FOR FIELD ERECTION BY DOE.
17. DESIGN IN WIND FLUX = 83 MPH @ 2 SECONDS. STEEL DESIGN PER AISC - LATEST EDITION. TANK DESIGN PER AISC, AISC OR UBC AS APPLICABLE. WIND DESIGN PER UBC '97 AND 148 MPH EXPOSURE C. IMPORTANCE FACTOR 1.4. SEISMIC DESIGN PER UBC '97. SEISMIC DUE TO IMPORTANCE FACTOR OF 1.4.
18. MEMBER STEEL THICKNESS IS 3/16" DIMENSIONED, 3/8" NON-DIMENSIONED, 3/16" STRUCTURAL, 3/16" NON-STRUCTURAL PLATE. STEEL MATERIAL SPECIFICATION IS A36 OR EQUIV. STRUCTURAL, A572-C OR A588 PLATE. WELDING SHALL BE BLACK STEEL, A572 BELTS OR A588 DEPENDING ON LOAD.

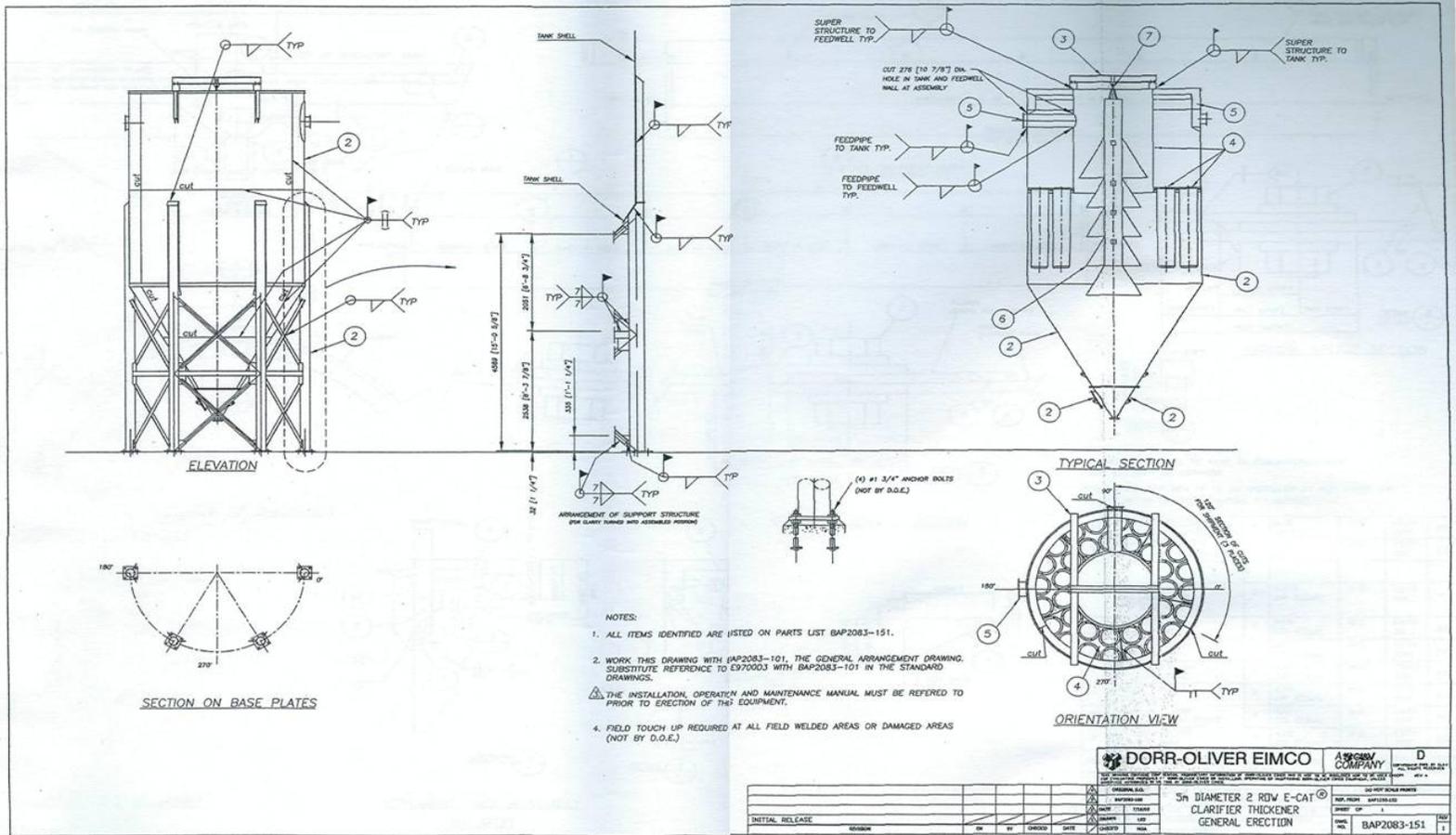
EQUIPMENT IS E-CAT 5m NUEVO MONTE  
THIS DRAWING IS CERTIFIED FOR  
CUSTOMER: JINERA NUEVO MONTE SA DE CV  
CUSTOMER ORDER NUMBER: 446  
DORR-OLIVER EIMCO ORDER NUMBER: BAP2083  
PROJECT: 2nd E-CAT THICKENER  
PROJECT LOCATION: TROMPAH, NEHALGA, MEXICO  
CONSULTING ENGINEER: SCS  
BY: [Signature] ARCHITECT DATE: 7-1-08

REMOVED	BY	DATE	REASON
REMOVED RED SENSOR & ADDED ISO-RING W/ TRANSMITTER	25648	LKS MGA	7/16/05
INITIAL RELEASE			

**DORR-OLIVER EIMCO**  
A SCS COMPANY

5m DIAMETER 2 ROW E-CAT®  
CLARIFIER THICKENER  
GENERAL ARRANGEMENT

PROJECT NO. BAP2083-101







---

---

## **GLOSARIO.**

**ACÚSTICA.-** Referente al sonido.

**AGLOMERACIÓN.-** Unión de fragmentos heterogéneos de una o muchas sustancias.

**AMP.-** Amperes, unidades con que se mide la corriente eléctrica.

**AMPÉRMETRO.-** Dispositivo para medir la corriente.

**ÁPEX.-** Extremo inferior o punta del ciclón.

**BARES.-** Unidad para medir la presión.

**CARCAZA.-** Caparazón o cubierta de un dispositivo.

**CONTRA-IONES.-** Iones de carga opuesta.

**DECANTACIÓN.-** Separación de un líquido y un sólido o de dos líquidos no miscibles aprovechando la gravedad.

**DENSÍMETRO.-** Dispositivo que mide la densidad de una sustancia.

**DPS 300.-** Modelo del dispositivo que sirve para medir el nivel de interfase.

**DESECACIÓN.-** Eliminación del agua de la suspensión.

**DEVANADO.-** Conjunto de las bobinas de un motor.

**DILUSIÓN.-** Proceso por el cual se disminuye la concentración de una solución.

**EFLUENTE.** Flujo de un líquido hacia el exterior.

**ENERGÍA CINÉTICA.-** La que posee un cuerpo libre sobre el que actúa un sistema de fuerzas.

**ENERGÍA POTENCIAL.-** La que posee un cuerpo cuando se haya en un campo de fuerzas.

**EPÓXICA.-** Polímero que se utiliza en el acabado de interiores y exteriores para protección de acero, madera, concreto y mampostería.

**ESTATOR.-** Parte fija del motor en cuyo interior gira el rotor.

---

---

**FLOCULACIÓN.-** Consiste en la captación mecánica de las partículas neutralizadas dando lugar a un entramado de sólidos de mayor volumen.

**FLOTACIÓN.-** Método empleado para separar los minerales.

**FLUJOMETRO.-** Dispositivo capaz de medir el flujo de una sustancia.

**FUERZA CENTRÍFUGA.-** Fuerza aplicada a una sustancia para separar componentes mezclados.

**GIMOTEANTE.-** Ruido o zumbido del motor.

**GPH.-** Galones por hora.

**HP.-** Horses power, caballos de fuerza.

**Hz.-** Unidades de frecuencia, Hertz.

**INFLUENTE.-** Flujo de un líquido hacia el interior.

**ISOMORFOS.-** Elementos con diferente composición química pero con la misma forma cristalina.

**JUNTA.-** Elemento de unión entre piezas.

**Kg.-** Kilogramos

**KVA.-** Kilovolts amperes.

**LCD.-** Liquid crystal display, Pantalla de cristal líquido.

**LED.-** Light emitting diode, Diodo emisor de luz.

**LIXIVIACIÓN.-** Método por el cual se hace pasar un líquido por una sustancia pulverizada para extraer los elementos que sean solubles en dicho líquido.

**MALLA.-** Cubierta o protección del cable.

**MAMPOSTERÍA.-** Obra de albañilería que consiste en dar un acabado a un objeto.

**MEGÓHMETRO.-** Dispositivo para medir el aislamiento o la resistencia.

**mm.-** Milímetros.

---

---

**MENA.-** Mineral extraído de las minas y que no ha recibido ningún tratamiento.

**mPas.-** Milipascales.

**ÓPTICA.-** Referente a la visión y a la luz.

**P&ID.-** Control proporcional, integral y derivativo.

**PLC.-** Circuito lógico programable.

**PPM.-** Partes por millón.

**REBALSE.-** Derrame de un líquido por encima de los bordes del recipiente.

**ROTOR.-** Parte que gira de un motor.

**R.P.M.-** Revoluciones por minuto.

**SEDIMENTACIÓN.-** Separación de partículas sólidas en suspensión de un líquido que se verifica por asentamiento gravitacional.

**SENSOR.-** Dispositivo formado por células sensibles que detectan variaciones en una magnitud física y las convierte en señales útiles para un sistema de medida o control.

**SPP.-** Sistema de preparación de polímero.

**SUPERNADANTE.-** Sustancia que se encuentra en la parte superior de un recipiente.

**SUSPENSIÓN.-** Sustancia coloidal disuelta en un líquido.

**SWITCH.-** Interruptor.

**TANGENCIAL.-** Trayectoria referente a la tangente.

**TRANSDUCTOR.-** Dispositivo que transforma magnitudes físicas en analógicas.

**TRANSMISOR.-** Dispositivo capaz de emitir información.

**VCA.-** Voltaje de corriente alterna.

**VCD.-** Voltaje de corriente directa.

**VÓRTICE.-** Centro del ciclón.

---

---

## ÍNDICE DE FIGURAS.

No.	CAPÍTULO 1	PAG
1.1	La doble capa eléctrica.....	2
1.2	Neutralización de cargas parciales.....	4
1.3	Polímero por puentes.....	5
1.4	Floculante Ciba 342.....	9
1.5	Floculante N300.....	9
1.6	Consumo de floculante Ciba 342.....	10
1.7	Consumo de floculante N300.....	10
1.8	Información del primer día de pruebas.....	12
1.9	Zona de compresión y desalojo de agua.....	13
1.10	Descarga de sólidos y vista superior del E-CAT.....	14
1.11	Información del segundo día de pruebas.....	15
1.12	Derrame del E-CAT.....	16
1.13	Descarga del E-CAT.....	17
1.14	Información del tercer día de pruebas.....	18
1.15	Mezcla de monte y carrizal.....	19
No.	CAPÍTULO 2	PAG
2.1	Base de las piernas del tanque.....	22
2.2	Instalación del tanque.....	23
2.3	Puntos donde se debe soldar.....	24
2.4	Partes del exterior del cilindro.....	25
2.5	Instalación del E-CAT.....	26
2.6	Forma de instalar los cilindros clarificadores.....	28
2.7	Cilindros clarificadores.....	30
2.8	Pozo de alimentación.....	31
2.9	Cilindros clarificadores instalados.....	32
2.10	Ensamble de los cilindros.....	33
2.11	E-CAT ensamblado.....	34
2.12	Medidor de nivel y transductor.....	36
2.13	Conexiones del medidor de nivel.....	37
2.14	Panel de control del E-CAT.....	38
2.15	Instrumentos controlados desde el panel.....	39
2.16	Instalación del spp.....	41
2.17	Panel de control del spp.....	43
2.18	Instalación de la Estación de bombeo.....	45
2.19	Instalación de bombas en serie y arrancadores.....	46
2.20	Línea de finos a la estación de bombeo y E-CAT.....	47
2.21	Instalación de escaleras y barandales al E-CAT.....	48

---

---

<b>No.</b>	<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>PAG</b>
3.1	Bomba centrífuga seccionada.....	56
3.2	Bomba del tanque E-CAT.....	56
3.3	Inspección de bomba y motor.....	59
3.4	Partes del motor.....	61

<b>No.</b>	<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>PAG</b>
4.1	Partes del ciclón.....	67
4.2	Componentes interiores del E-CAT.....	68
4.3	Zonas del E-CAT.....	71
4.4	Lazos de control del E-CAT.....	81
4.5	Lazos de control de densidad de salida.....	81
4.6	Lazos de control del SPP.....	83

**TABLAS.**

<b>No.</b>	<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>PAG</b>
3.1.1	Resumen de mantenimiento del tanque.....	53
3.2.1	Diagnóstico de fallas del motor.....	62

---

---

## BIBLIOGRAFÍA.

Besra, L., Sengupta, D. K., and Roy, S. K., “Flocculant and Surfactant Aided Dewatering of Fine Particle Suspensions: A Review”, *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, Vol. 18, 1998.

Cytec., Mining chemicals handbook, Flocculants and dewatering aids, section 8, revised edition.

Dorr-Oliver Eimco., Installation, Operation y Maintenance manual for 5 meters E-CAT clarifier-thickener, 2005.

E. J. Klohn y D. Dingeman, “Tailings Disposal System for reserve Mining company”, in tailings disposal today, Vol. 2, G.O. Argall (ED). 1979.

Menaughton, Kenneth. Bombas: Selección y [Mantenimiento](#). McGraw – Hill. México 1980.

Motores Baldor, motores de CA de inducción de potencia (HP) integral “Manual de Instalación y Operación”.

Reliance., Manual de instrucciones de Motores de CA “Soluciones en las que si se puede confiar”; Instalación, Operación y Mantenimiento de los motores de inducción industriales Estándar de CA, Diciembre de 1998.

TYLERG Hicks. BME, Bombas, su Elección y aplicación. Compañía editorial Continental, S.A., [México](#). 1979.

William, K., Hodson, “Manual del Ingeniero Industrial”, Control del proceso, capítulo 4, cuarta edición.

---

---

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Especial:Search?search=flocculants&go=ir> (Febrero 2007)

<http://www.ramseyelectronics.com/hk/default.asp?page=tr> (Abril 2007)

<http://www.transwest-tb.com/products/index.php?productID=35> (Mayo, 2007)

[http://www.emcoflow.com/em\\_prods/UniMagHome.aspx](http://www.emcoflow.com/em_prods/UniMagHome.aspx) (Mayo, 2007)

<http://www.abb.com.mx/product/es/9AAC100217.aspx?country=MX> (Julio 2007)

<http://www.unitronics.com/Series.aspx?page=vision280> (julio 2007)

<http://www.reliance.com/mtr/index.htm> (Julio 2007)

[http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_2369\\_teor%C3%ADa\\_b%C3%A1sica\\_del\\_motor](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_2369_teor%C3%ADa_b%C3%A1sica_del_motor) (Agosto 2007)

<http://www.rscomp.com.sg/1/57934998-PANELVIEW-300DH485.html> (Agosto 2007)

<http://www.ampere.com.mx/detalleproducto.php?idProducto=362> (Septiembre 2007)

[http://www.automation.siemens.com/cd/sirius/html\\_78/sanftstarter.htm](http://www.automation.siemens.com/cd/sirius/html_78/sanftstarter.htm) (Septiembre 2007)

<http://proton.ucting.udg.mx/temas/circuitos/udg/udg.htm> (Septiembre 2007)