

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL**



**“CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE PRODUCIDO POR EL LAVADO
DE LOS MIXERS DE UNA PLANTA DE CONCRETO”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA QUÍMICA

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS

PRESENTADO POR:

SANDRA LIZ SAHUARAURA SIMBRON

LIMA – PERÚ

2014

RESUMEN

Hoy en día el concreto es el material de construcción más utilizado, debido a su versatilidad, durabilidad y economía. La calidad del concreto va de la mano con la calidad de la materia prima e insumos usados para su preparación. Por ello la importancia de la evaluación mediante ensayos químicos y físicos desarrollados a sus principales constituyentes, cemento, agregados, agua de mezcla y aditivos y además la evaluación del concreto como producto final.

En el presente informe se evalúa la calidad del agua de mezcla y su desempeño en la producción del concreto, pero considerando como agua de mezcla el agua que se obtiene producto del lavado de los camiones mezcladores que transportan el concreto.

La producción de concreto no solo debe cumplir con las especificaciones técnicas requeridas por el cliente, sino también debe garantizar un buen desempeño durante su tiempo de vida útil. Es por ello la importancia de la evaluación mediante ensayos químicos y físicos a nivel laboratorio de los constituyentes del concreto. En base a la experiencia se tiene conocimiento que existen problemas en el concreto que son detectados, después de días, meses o recién en años, pero que aparecen producto de los ataques químicos que se van desarrollando.

Para evaluar la calidad del agua de lavado de los mixers como agua de mezcla para producción de concreto se realiza un comparativo con un diseño de mezcla de concreto empleando agua 100% potable. Por ello se realiza evaluación mediante ensayos físicos y químicos al agua de lavado de los mixers, y al concreto preparado con el agua de lavado en análisis. De los resultados obtenidos se llega a la conclusión que el agua de lavado como agua de mezcla cumple con los requisitos de desempeño del concreto establecido en la norma técnica peruana NTP 339.088, y también en lo que se refiere a los límites químicos opcionales indicados en la misma norma.

INDICE

| | |
|--|----|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 5 |
| II. MARCO TEORICO..... | 6 |
| 2.1 El concreto..... | 6 |
| 2.1.1 Descripción del proceso de producción..... | 6 |
| 2.1.2 Materia prima e insumos..... | 11 |
| 2.2 Agua de mezcla para concreto..... | 14 |
| 2.3 Efecto en las propiedades del concreto por la presencia de impurezas presentes en el agua de mezcla..... | 17 |
| 2.4 Ataques químicos en el concreto..... | 21 |
| 2.4.1 Eflorescencia..... | 21 |
| 2.4.2 Carbonatación..... | 22 |
| 2.4.3 Resistencia a los cloruros y corrosión de la armadura..... | 23 |
| 2.4.4 Ataque de sulfatos al concreto..... | 24 |
| 2.4.5 Impurezas orgánicas..... | 25 |
| 2.5 Análisis fisicoquímico al agua para preparación de concreto..... | 26 |
| 2.5.1 Residuos sólidos..... | 26 |
| 2.5.2 Sulfatos solubles en el agua..... | 26 |
| 2.5.3 Cloruros solubles en el agua..... | 26 |
| 2.5.4 pH..... | 27 |
| 2.5.5 Alcalinidad..... | 27 |

| | |
|---|----|
| 2.6 Análisis físicos aplicado al concreto..... | 27 |
| III. CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE PRODUCIDO POR EL LAVADO DE LOS MIXERS DE UNA PLANTA DE CONCRETO | 29 |
| 3.1 Caracterización del agua de producción del concreto..... | 29 |
| 3.2 Caracterización del agua de la poza de lavado de los mixers..... | 31 |
| IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 36 |
| 4.1 Conclusiones..... | 37 |
| 4.2 Recomendaciones..... | 37 |
| V. BIBLIOGRAFIA..... | 38 |
| VI. ANEXOS..... | 39 |

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país. La calidad final del concreto considera aspectos del producto como: su naturaleza, materiales, propiedades, diseño de mezcla, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los procesos estructurales.

En el análisis de las propiedades del concreto es importante recordar que ellas están íntimamente asociadas con las características y proporciones relativas de los materiales integrantes.

Uno de los componentes importantes para lograr la pasta de concreto es el agua; para determinar la calidad del agua se le realizan ensayos químicos y además se evalúa la calidad del concreto que ha sido preparado empleando esta misma agua. Cada uno de los resultados de los ensayos químicos y físicos debe estar dentro del rango o límite permisible según lo establece la norma técnica peruana NTP 339.088

La norma técnica peruana NTP 339.088 establece los requisitos necesarios y opcionales que debe cumplir el agua para ser considerado como agua para producción de concreto.

Una de las últimas etapas del proceso de producción de concreto es el lavado de los camiones mixers. Para realizar la limpieza de los mixers se cuenta con un sistema de tratamiento de lavado, en donde se tiene agua procesada almacenada en pozas y es recirculada para continuar realizando el lavado de estas unidades. De esta agua almacenada (agua de lavado) se tomó una muestra y se realizó los análisis químicos y la evaluación en la producción de concreto, para determinar la calidad del agua y su desempeño en la producción de concreto y determinar si cumple con los requisitos para ser considerada agua de mezcla para producción de concreto.

II. MARCO TEORICO

2.1 El Concreto

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento y agua, une los agregados, normalmente arena y grava (piedra triturada, piedra machacada), creando una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua y el dióxido de carbono ambiental.

El concreto se produce a través de un diseño de mezcla que consiste en la selección de los constituyentes disponibles (cemento, agregados, agua y aditivos) y su dosificación en cantidades relativas para producir, tan económicamente como sea posible, una masa volumétrica con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las propiedades de resistencia, durabilidad, estabilidad de volumen, y apariencia adecuada.

Las propiedades requeridas del concreto fresco están gobernadas por el tipo de construcción, las técnicas de colocación, el transporte. Las propiedades del concreto endurecido están especificadas en el diseño de la estructura.

2.1.1 Descripción del proceso de producción

Para la producción de concreto se cuenta con las siguientes etapas de proceso:

a) Recepción y almacenamiento de materia prima e insumos.

Los agregados (arena y piedra) son transportados desde las canteras Jicamarca y Agrecom en camiones volquetes de 20 TM, hacia la planta de concreto, luego se realiza la descarga del agregado en las zona de almacenamiento, esta zona está dividida en sectores según el tipo de agregado a descargar.

El cemento es transportado a granel en camiones tráiler, denominadas bombonas, llega a la planta de concreto, se estaciona al costado de los contenedores de cemento denominado silos, se conecta con mangueras desde la bombona a los silos y mediante un sistema neumático se descarga el cemento hacia los silos para almacenamiento del cemento los cuales se diferencian según el tipo de cemento que se va a almacenar (cemento tipo I, cemento tipo V)

Los aditivos son transportados en camiones cisterna y/o en cilindros metálicos, para luego ser almacenados en los tanques de aditivo de la planta de concreto.

El agua que se emplea en el proceso de dosificación para producción de concreto es abastecida a través de cisternas y almacenada en tanques, los cuales están ubicados dentro de la planta de producción de concreto.

b) Alimentación y Dosificación de Materia Prima e Insumos

En esta etapa del proceso se proporciona el ingreso de toda la materia prima (arena, agregado, agua) e insumos (cemento y aditivos) a planta de producción de concreto

Agregados

Mediante un cargador frontal se traslada los agregados (arena y piedra), desde la zona de almacenamiento hacia la tolva de alimentación de agregados, a partir de esta tolva los materiales son conducidos mediante una faja transportadora rotatoria hacia las tolvas de almacenamiento esta tolva contará con tres compartimentos según tipo de agregado, donde luego serán descargados en la parte inferior de la tolva para ser pesados en la balanza automática desde el mando electrónico de un operador.

La tolva de almacenamiento de agregados estará dividida en tres compartimentos tal como se detalla a continuación:

- Tolva de almacenamiento de arena.
- Tolva de almacenamiento de piedra 57.
- Tolva de almacenamiento de piedra 67.

- **Cemento**

El cemento es trasladado desde los silos de almacenamiento hacia la balanza de pesaje a través de transportadores helicoidales instalados en tuberías metálicas, los cuales son accionados por un equipo mecánico conocido como moto reductor.

- **Aditivo**

Los aditivos son dosificados automáticamente desde los tanques de aditivos hacia los cilindros de almacenamiento que descarga en el mezclador de los camiones mixer.

- **Agua**

El agua es dosificada automáticamente desde el tanque de almacenamiento de la planta de producción hacia los mixer.

c) **Carguío**

En esta etapa se realiza la descarga de todos los componentes del concreto, la arena, agregado, cemento, aditivos y agua que ya han pasado por las etapas previas de pesaje y dosificación y luego hacia el mezclador de los mixer (trompo mezclador de los vehículos mixers) todos ellos en forma consecutiva según lo establezca el sistema automatizado que se encuentra instalado en la caseta de control de la planta.

La etapa de carguío trabaja en conjunto con un sistema colector de polvo denominado drybatch cuya función es coleccionar el polvo generado por la descarga de cemento, arena y agregados mediante un sistema mecánico de succión que colecciona el material fino y lo almacena en filtros hasta su mantenimiento final.

d) Mezcla

Realizada la carga de los materiales a los camiones mezcladores o mixer, se inicia el proceso de mezcla, el cual consiste en hacer girar el trompo mezclador del mixer a una velocidad de 70 a 100 rpm durante un periodo de tiempo de 5 a 7 minutos, con el fin de garantizar una mezcla homogénea y que el concreto conserve las especificaciones requeridas por el cliente.

e) Inspección del Concreto

Luego de realizado la etapa de mezcla se realiza la inspección visual de la homogeneidad del concreto y la ejecución de pruebas de ensayos para verificar la calidad del producto. Las pruebas de ensayo son verificadas en el momento de la inspección y además se toma muestra de concreto para analizarla en el laboratorio de la planta de concreto.

En el laboratorio la muestra de concreto que proviene de un lote de producción son vaciados en moldes plásticos cilíndricos denominados probetas. Con el fin de que el concreto no se adhiera a las probetas se les aplica un desmoldante (sustancia líquida que se unta en toda la superficie interna de la probeta para evitar que el concreto quede pegado a la probeta) y así poder ser retirado con facilidad para realizar los ensayos de compresión a diferentes días (prueba de ensayo que consiste en medir la resistencia del concreto)

f) Transporte y entrega del producto

El producto se traslada en el camión mezclador o mixer al lugar de la obra, donde se vierte el concreto en las losas o encofrados designados por el cliente. Una vez culminada la entrega del concreto el mixer retorna a planta para el lavado del trompo mezclador y estar listo para el siguiente carguío.

g) Lavado del mixer

Finalizada la entrega del concreto el mixer retorna a la planta para el lavado interno del trompo del mixer, se dirige a la poza de lodos en caso haya concreto sobrante y luego a la poza de lavado para mediante las duchas instaladas ingrese agua por la parte superior del trompo mezclador y descargue el agua de lavado por el chute de descarga (salida de concreto por la parte inferior) hacia la poza de lavado

El efluente descargado a la poza de lavado pasa por un pre tratamiento físico de decantación mediante un sistema de separación sólido – líquido, el cual permitirá la recuperación del agua, para posteriormente ser recirculada en el mismo proceso. (Ver anexo 1 y 2)

h) Etapas complementarias

Además de la etapa para la producción de concreto, tenemos las etapas que sirven de soporte a las actividades de producción:

Mantenimiento de Unidades y Equipos: las unidades y maquinarias o equipos reciben mantenimiento preventivo, a fin de garantizar su correcto funcionamiento, se cuenta con área de mantenimiento de equipos y planta y un área de mantenimiento de unidades vehiculares.

Abastecimiento de Combustible: las unidades móviles (bombonas, mixer, camioneta, cargador frontal) que requieren combustible para la operación y producción de concreto se abastecen de combustible mediante un grifo ubicado en las instalaciones de la planta.

2.1.2 Materia Prima e insumos

Las principales materias primas e insumos para producción de concreto son:

2.1.2.1 Cemento

El cemento es un material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión, que permite la unión de fragmentos minerales entre sí, formando un todo compacto.

En la construcción se ha generalizado la utilización de la palabra cemento para designar un tipo de aglutinante específico que se denomina cemento Portland, debido a que es el más común.

El cemento Portland es la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contienen sílice, alúmina u óxido de hierro, procesados a altas temperaturas y mezclados con yeso.

Este material tiene la propiedad de fraguar y endurecer (el fraguado es un proceso fisicoquímico mediante el cual se pasa de un estado de plasticidad inicial a otro de cierta rigidez y firmeza) en presencia del agua, presentándose un proceso de reacción química que se conoce como hidratación.

2.1.2.2 Agua

El agua como componente del concreto es el elemento que hidrata las partículas de cemento y hace que éstas desarrollen sus

propiedades aglutinantes. Al mezclarse con el cemento se produce la pasta, la cual puede ser más o menos fluida, según la cantidad de agua que se agregue. Al endurecer la pasta, como consecuencia del fraguado (el fraguado es un proceso fisicoquímico mediante el cual se pasa de un estado de plasticidad inicial a otro de cierta rigidez y firmeza), parte del agua permanece en la estructura rígida de la pasta (agua de hidratación), y el resto es agua evaporable.

La cantidad de agua total que ingresa para la producción de concreto se da en la siguiente forma:

- Agua de la tanda (agua pesada o medida en la planta de dosificación).
- Hielo, en caso se quiera regular la temperatura.
- Agua adicionada por el operador del camión mezclador, cuando se realiza la inspección del concreto.
- Humedad de la arena y los agregados.
- Agua introducida con los aditivos, (la NTP 339.088 indica considerar el agua introducida con los aditivos cuando esta agua incrementa la relación agua/materiales cementosos por más de 0.01).

2.1.2.3 Agregados

Los agregados para concreto pueden ser definidos como aquellos materiales inertes que poseen una resistencia propia suficiente, que no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico y que garantizan una adherencia con la pasta de cemento endurecida. Estos materiales pueden ser naturales o artificiales, dependiendo de su origen.

La razón principal para utilizar agregados dentro del concreto, es que estos actúan como material de relleno, haciendo más económica la mezcla. Los agregados, en combinación con la pasta proporcionan parte de la resistencia a la compresión.

2.1.2.4 Aditivos

Los aditivos son materiales distintos del agua, de los agregados, del cemento hidráulico y de las fibras de refuerzo que se utilizan como ingredientes del concreto y, se añaden a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado, con el objeto de modificar sus propiedades para que sea más adecuada a las condiciones de trabajo o para reducir los costos de producción.

En el cuadro N° 1 se indica las proporciones aproximadas por volumen de cada uno de los constituyentes del concreto.

Cuadro N° 1 Proporciones de materiales usados en la producción de concreto por volumen

| CONSTITUYENTES DEL CONCRETO | PROPORCION EN VOLUMEN (%) |
|-----------------------------|---------------------------|
| Aire | 1 - 3 |
| Agua | 15 - 22 |
| Cemento | 7 - 15 |
| Agregado grueso y fino | 60 - 75 |

2.2 Agua de mezcla para concreto

El agua de mezcla para el concreto al reaccionar con el cemento genera las propiedades aglutinantes del cemento, además el agua provee manejabilidad (trabajabilidad) a la mezcla.

Prácticamente cualquier agua natural que sea potable y no presente fuerte sabor u olor se puede usar como agua de mezcla para la producción de concreto. Sin embargo, también se puede emplear en concreto algunas aguas que no se consideran potables.

El cuadro N° 2 se presenta las normas que tratan específicamente de la calidad del agua para empleo en morteros y concretos en algunos países.

Cuadro N° .2 Normas de la calidad del agua para empleo en morteros y concreto

| PAIS | NORMA | NOMBRE DE LA NORMA |
|-----------|--------------------|---|
| Argentina | IRAM 1601 | Agua para morteros y hormigones de cemento portland |
| Colombia | NTC 3459 | Concretos. Agua de amasado - Requisitos |
| EEUU | ASTM C94 | Standard specification for ready mixed concrete |
| Perú | NTP 339.088-2006 | Hormigón (concreto). Agua para morteros y hormigones de cemento portland Requisitos |
| México | NMX-C-122-82 | Agua para concreto |
| Venezuela | CONVENIM 2385:2000 | Concreto y mortero. Agua de mezcla. Requisitos |

La norma técnica peruana NTP 339.088: “Hormigón (concreto) Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos”, establece los requisitos de composición y performance para el agua utilizada como agua de mezcla en la producción del concreto de cemento Portland. Esta norma técnica peruana además de definir las fuentes de agua, estipular los requisitos establece la frecuencia de los ensayos para su calificación.

Se puede emplear el agua no potable en el concreto, pero se debe verificar su desempeño operativo en la elaboración del concreto.

Por ejemplo, se aconseja que los cubos de mortero preparados (preparados bajo la norma ASTM C 109) con el agua dudosa o agua a analizar (agua no potable y cuyas características puedan afectar la calidad del concreto), tengan la resistencia a los 7 días igual a por lo menos 90% de la resistencia a la compresión (prueba de ensayo que se hace a las muestras de concreto para medir la resistencia que pueden soportar antes de quebrarse) de las muestras de mortero de referencia que son preparados con agua potable o agua destilada.

Además, se debe garantizar a través de ensayos del tiempo de fraguado que las impurezas en el agua de amasado no van a disminuir o aumentar adversamente el tiempo de fraguado del concreto.

La norma ASTM C 94 (norma internacional americana) presentan criterios de aceptación para el agua que será usada en el concreto (Cuadros N° 3 y 4). Esta misma norma ha sido tomada de base para la norma técnica peruana NTP 339.088

Cuadro N° 3 Criterios de aceptación para Abastecimiento de Aguas Dudosas

| | LIMITE | METODO DE ENSAYO |
|--|---------------------------------------|------------------|
| Resistencia a compresión, porcentaje mínima, control, a los 7 días | 90 | ASTM C31/C31M* |
| Tiempo de fraguado, diferencia en relación al control, hr:min | De 1:00 más temprano a 1:30 más tarde | ASTM C 403/C403M |

*La comparación debe estar basada en proporciones fijas, así como en el mismo volumen de agua de ensayo comparado con una mezcla de control preparada con agua potable o agua destilada.

Cuadro N° 4 Límites químicos opcionales para el agua de mezcla combinada (NTP 339.088)

| SUSTANCIA QUIMICA O TIPO DE CONSTRUCCION | CONCENTRACION MAXIMA, en ppm* | METODO DE ENSAYO** |
|---|-------------------------------|--------------------|
| Cloruro, como Cl- | | |
| Concreto pretensado, tablero de puentes, o designados de otra manera. | 500 | NTP 339.076 |
| Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metales diversos. | 1000 | NTP 339.076 |
| Sulfato, como SO ₄ ⁻ | 3000 | NTP 339.074 |
| Álcalis (Na ₂ O+0.658K ₂ O) | 600 | ASTM C1603 |
| Total de sólidos | 50000 | NTP 339.071 |

*El agua de lavado usada como agua para la preparación del concreto puede exceder a los límites de concentraciones de cloruros y sulfatos presentados si se puede mostrar que las concentraciones totales calculadas en el agua de mezcla, incluyendo agua de mezcla de los agregados y otras fuentes, no excedan a los límites establecidos.

**Se pueden usar otros métodos de ensayos que han enseñado resultados semejantes

El exceso de impurezas en el agua de mezcla no solo puede afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino también puede causar algunos problemas en el concreto como: eflorescencias, manchado, corrosión del refuerzo, inestabilidad del volumen y reducción de la durabilidad.

Por lo tanto, se pueden establecer ciertos límites opcionales para cloruros, sulfatos, álcalis y sólidos en el agua de mezcla o se pueden realizar ensayos adecuados para la determinación del efecto de las impurezas sobre varias propiedades.

2.3 Efecto en las propiedades del concreto por la presencia de impurezas presentes en el agua de mezcla.

El exceso de impurezas en el agua de mezcla para producción de concreto puede tener efectos sobre la resistencia y el tiempo de fraguado del concreto y afectar la durabilidad y otras propiedades.

a) Carbonato alcalino y bicarbonato

Los carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio tienen diferentes efectos sobre el tiempo de fraguado del cemento. El carbonato de sodio puede causar fraguado rápido, el bicarbonato puede tanto acelerar como retardar el fraguado. Estas sales cuando se encuentran en grandes concentraciones pueden reducir la resistencia del concreto.

b) Cloruros

El efecto adverso por la presencia de cloruros y su afectación a la corrosión de la armadura en concreto reforzado, es la principal razón de preocupación con respecto al contenido de cloruros en el agua usada en la preparación de concreto. Los iones cloruros atacan la capa de óxido protector que se forma sobre el acero resultante de la alta alcalinidad (pH mayor a 12.5) presente en el concreto.

Los cloruros se introducen en el concreto con los ingredientes de la mezcla, aditivos, agregados, agua de mezcla, cemento, o a través de la exposición a agua de mar, aire cargado de sales en ambientes marinos

Una alta concentración de sólidos disueltos en el agua natural se debe al alto contenido de cloruros de sodio o sulfato de calcio. Ambos se pueden tolerar en grandes cantidades. La concentración de 20000 ppm de cloruro de sodio es tolerable en concreto que se mantendrá seco durante su vida útil y tiene bajo potencial de corrosión.

c) Sulfato

El efecto que tiene un alto contenido de sulfato en el agua usada para la preparación de concreto se debe a las reacciones expansivas potenciales y al deterioro por ataques de sulfatos principalmente en áreas donde el concreto es expuesto a suelos o aguas con alto contenido de sulfato. Se debe considerar el límite permisible recomendado en la NTP 339.088 (ver cuadro N° 4)

d) Agua de mar

El agua del mar, con una concentración de sales disueltas de hasta 35,000 ppm, normalmente es adecuada para el uso como agua de mezclado del concreto que no contenga acero. Aproximadamente 78% de la sal es cloruro de sodio y 15% es cloruro y sulfato de magnesio. Aunque la resistencia

temprana del concreto preparado con agua de mar pueda ser más elevada que la resistencia del concreto normal, la resistencia a edades mayores (después de 28 días) puede ser menor.

El agua de mar no es apropiada para la preparación de concreto reforzado con acero y no se debe usar en concreto pretensado, debido al riesgo de la corrosión de la armadura, principalmente en ambientes cálidos y húmedos. Si se usa agua de mar para la preparación de concreto sin refuerzo (sin acero) en aplicaciones marítimas, se deben emplear cementos de moderada resistencia a los sulfatos y baja relación agua-cemento.

El agua de mar empleada en el concreto también tiende a causar eflorescencias y manchas en la superficie del concreto expuesta al aire y al agua.

e) Agua ácida

La aceptación del agua ácida en la mezcla del concreto se debe basar en la concentración de los ácidos en el agua.

Ocasionalmente, la aceptación se basa en el pH, que es una medida de la concentración de los iones hidrógenos en una escala logarítmica. El valor de pH es un índice de intensidad y no es la mejor medida de la reactividad potencial de un ácido o de una base. El pH del agua neutra es 7.0; valores inferiores a 7.0 indican acidez y valores superiores a 7.0 indican alcalinidad.

Normalmente el agua de mezclado que contiene ácido clorhídrico, ácido sulfúrico y otros ácidos inorgánicos comunes en concentraciones de hasta 10,000 ppm no tiene efecto perjudicial sobre la resistencia. El agua ácida con pH menor que 3.0 pueden crear problemas de manejo por ello la Norma Técnica Peruana NTP 339.088, indica como límite mínimo permisible pH de 5.5 para el agua de mezcla del concreto.

f) Agua alcalina

El agua con concentraciones de hidróxido de sodio del 0.5% en peso de cemento no afectan considerablemente la resistencia del concreto desde que no se induzca el fraguado rápido. Sin embargo, concentraciones más elevadas pueden reducir la resistencia del concreto.

El hidróxido de calcio en concentraciones de hasta 1.2% en peso de cemento tiene poco efecto sobre la resistencia del concreto con algunos tipos de cemento, pero la misma concentración puede reducir significativamente la resistencia a los 28 días de concretos con otros tipos de cemento.

Se debe considerar la posibilidad del aumento de la reactividad álcali-agregado.

g) Agua de desechos industriales

La mayoría del agua que cargan desechos industriales tiene menos de 4000 ppm de sólidos totales. Cuando se usa esta agua para preparar el concreto, la reducción de la resistencia a compresión no supera 10%-15%. Las aguas de desechos industriales tales como curtidurías, fábricas de pintura, plantas de coque, plantas químicas y de galvanización pueden contener impurezas peligrosas lo mejor es verificar agua de desecho que contenga unos pocos cientos de parte por millón de sólidos poco comunes.

h) Agua de las operaciones de producción de concreto

También se define este tipo de agua como agua combinada para la preparación del concreto, la cual puede ser agua recuperada de los procesos de producción de concreto y que pueden ser el mismo agua de lavado del camión mezclador, agua de lluvias colectadas en una planta de concreto , agua que contiene cantidades de concreto.

Este tipo de agua presenta grandes cantidades de sólidos suspendidos, además de contener cantidades de cloruros aportados por todos los componentes del concreto es por eso se debe considerar los límites máximos permisibles indicados en la norma técnica peruana NTP 339.088-2006

2.4 Ataques químicos en el concreto

Debido a las propiedades de los constituyentes del concreto se pueden presentar algunos problemas como:

2.4.1 Eflorescencia

El exceso de impurezas en el agua de mezcla no sólo puede afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino también puede causar eflorescencias, el cual consiste en la aparición de manchas blancas en las paredes de las edificaciones (construcciones).

Su origen proviene de uno o más de los compuestos solubles presente en los materiales que forman el concreto. Son varias las sustancias que pueden causar eflorescencia aunque todas tienen en común que se trata de compuestos solubles como sulfatos carbonatos, silicatos, cloruros, nitratos y otros que se desplazan a la superficie y se depositan en ella.

Por ello se recomienda que de la materia prima para preparar el concreto:

La arena sea arena lavada o en todo caso que al realizarle ensayo de pasante de malla 200 (ensayo físico basado en la norma técnica Peruana NTP 400.018 para determinar el contenido de polvo o material que pase el tamiz N° 200) el valor obtenido sea menor a 5%

El agua a emplear en la producción de concreto sea un agua blanda o aguas cuyo contenido de residuos sólidos, sulfatos y cloruros estén

dentro de los valores permitidos, ya que incluso el agua potable suele poseer cierto contenido de sales solubles.

2.4.2 Carbonatación

La carbonatación del concreto es un proceso por el cual el dióxido de carbono del aire penetra en el concreto y reacciona con los hidróxidos, tales como los hidróxidos de Calcio para formar carbonatos. En la reacción con el hidróxido de Calcio hay formación de Carbonato de Calcio.

La carbonatación del concreto endurecido no hace daño a la matriz del concreto. Sin embargo reduce considerablemente la alcalinidad (pH) del concreto. La alta alcalinidad es necesaria para la protección de la armadura (refuerzo) contra la corrosión y, por consiguiente el concreto debe ser resistente a la carbonatación. Para prevenir la corrosión del acero de refuerzo.

A continuación en la figura 2 se observa una imagen de un refuerzo de acero afectado por la carbonatación:



Fig. 1 La carbonatación del concreto puede dejar expuesta las varillas metálicas, permitiendo su oxidación.

2.4.3 Resistencia a los cloruros y corrosión de la Armadura

El concreto protege la armadura (refuerzo) embebida de la corrosión, debido a su alta alcalinidad. El ambiente de pH alto en el concreto (normalmente mayor que 12.5) promueve la pasivación y la formación sobre el acero de una película de protección de óxido no corrosivo. Sin embargo, la presencia de iones de cloruros de los anticongelantes y del agua del mar puede destruir o penetrar en la película. Cuando se alcanza el límite de corrosión por cloruros (aproximadamente 0.15% cloruro solubles en agua por peso de cemento), una célula eléctrica se forma a lo largo del acero y entre las barras de acero y el proceso electroquímico de la corrosión empieza. Algunas regiones del acero a lo largo de las barras se vuelven en ánodos, descargando corriente en la célula eléctrica. Las áreas del acero que reciben corriente son los cátodos donde los iones de hidróxido se forman. Los iones de hierro e hidróxido forman el hidróxido de hierro, FeOH , el cual más tarde se oxida, formando polvo (óxido de hierro). La formación de polvo es un proceso expansivo, el polvo se expande hasta cuatro veces su volumen original el cual induce a la formación de tensiones internas y descascaramientos o descascarillados del concreto sobre el acero de refuerzo. El área de la sección transversal del acero también se puede reducir considerablemente.

El uso de aditivos inhibidores de la corrosión es recomendado, así como el revestimiento del acero con epoxi que previene que los iones de cloruro alcancen al acero.

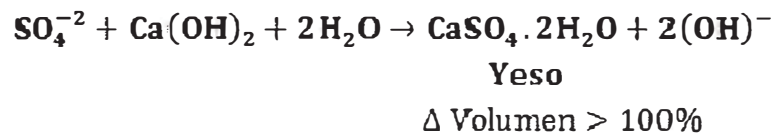
2.4.4 Ataque de sulfatos al concreto

Una de las formas más frecuentes de ataque químico es la acción de los sulfatos, muchos sulfatos presentes en el suelo y en el agua pueden atacar y destruir un concreto que no fue adecuadamente diseñado. Los sulfatos (por ejemplo sulfato de calcio, sulfato de sodio y sulfato de magnesio) pueden atacar un concreto pues reaccionan con los compuestos hidratados en la pasta de cemento hidratada. Estas reacciones pueden crear presiones suficientes

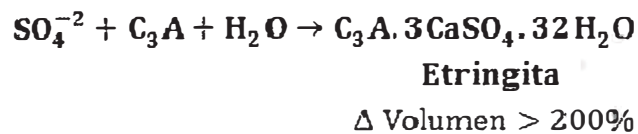
para romper la pasta de cemento, resultando en disgregación del concreto (perdida de cohesión de la pasta y de resistencia).

Hay dos reacciones químicas involucradas en el ataque de sulfatos al concreto:

- La hidratación del cemento, formando sulfatos de calcio (yeso).



- Reacción de sulfato de calcio con el aluminato de calcio hidratado, formando sulfoaluminato de calcio (etringita). Reacción del sulfato con hidróxido de calcio liberado.



Estas dos reacciones dan como resultado un incremento en el volumen de sólidos, causas de la expansión y descomposición de los concretos expuestos a soluciones de sulfatos.

La severidad del ataque de sulfatos al concreto depende de lo siguiente:

- Tipo de sulfatos. Los sulfatos de magnesio y amonio son los más dañinos al concreto.
- Concentración de sulfatos. La presencia de sulfatos más solubles es más perjudicial al concreto.
- Si la solución de sulfato está estancada o fluyendo. La severidad del ataque se incrementa en el caso de las aguas que fluyen.

El ataque más intensivo tiene lugar en el concreto que está expuesto a ciclos de mojado y secado que en el concreto completa y continuamente sumergido en la solución.

Para impedir la acción destructiva de los sulfatos, es indispensable la buena compacidad de los concretos. Además, es posible seleccionar cementos portland con la calidad adecuada como los denominados tipos II, de moderada resistencia a los sulfatos y el tipo V, de alta resistencia a los sulfatos.

2.4.5 Impurezas orgánicas

El efecto de sustancias orgánicas sobre el tiempo de fraguado del cemento portland y sobre la resistencia del concreto es un problema muy complejo. Tales sustancias, se pueden encontrar en aguas naturales. Las aguas muy coloridas, con un olor apreciable o con algas verdes o marrones visibles se deben considerar sospechosas y por lo tanto hay que analizarlas antes de ser usadas para producción de concreto.

Las impurezas orgánicas provienen normalmente de humus conteniendo ácido tánico.

2.5 Análisis fisicoquímico al agua para preparación de concreto

Para evaluar la calidad de agua a emplear para la producción de concreto y ser considerada agua de mezcla, se realizan en el laboratorio ensayos químicos y físicos, cada uno de ellos basados en normas técnicas peruanas vigentes (ver anexo N° 3)

2.5.1 Cantidad de residuos sólidos presentes en el agua.

La cantidad de residuo sólido que contiene el agua puede estar conformada por partículas metálicas, no metálicas, arcillas, altos contenidos de sales, etc.

La presencia de estos residuos puede afectar la hidratación del cemento y la apariencia del concreto.

Como especificación técnica, máximo 5000 ppm de residuo sólido en el agua de producción.

2.5.2 Cantidad de sulfatos solubles en el agua.

Los sulfatos contenidos en el agua son perjudiciales debido a que afectan la durabilidad del concreto, es decir que pueden formar fisuras por las reacciones expansivas generadas por estas sales.

Como especificación técnica, máximo 1000 ppm de sulfatos en el agua.

2.5.3 Cantidad de cloruros solubles en el agua.

Los cloruros no tienen acción perjudicial directa sobre el concreto, sino a través de su participación en el mecanismo de la corrosión de metales embebidos en el concreto, produciéndose compuestos de hierro en forma de polvo (óxido de hierro), la formación de este polvo es un proceso expansivo lo cual induce a la formación de tensiones internas y descascaramientos del concreto sobre el acero de refuerzo.

Como especificación técnica, máximo 1000 ppm de cloruro en el agua de producción de concreto.

2.4.4 pH del agua

Como especificación técnica, como mínimo 5.5 de pH en el agua.

2.4.5 Alcalinidad

La alcalinidad está determinada por efecto de la disociación de los iones hidróxidos, contenido de carbonatos y bicarbonatos presentes en el agua.

Uno de los problemas de corrosión en el concreto es la corrosión por carbonatación, que reduce la alcalinidad del concreto y disminuye su eficacia en la protección del refuerzo.

El resultado de la alcalinidad del agua determina en caso se requiera un tratamiento químico para controlar problema de corrosión. El valor es expresado bajo la forma de bicarbonato de sodio.

Como especificación técnica, máximo 1000 ppm.

2.6 Análisis físicos aplicados al concreto

Para evaluar la calidad del concreto, se realizan ensayos físicos al concreto fresco y al concreto endurecido, los cuales nos brindan información de su manejabilidad, resistencia, comportamiento en obra, y durabilidad.

2.6.1 Tiempo de fraguado

El fraguado es la condición de la pasta de cemento en que se aceleran las reacciones químicas, empieza el endurecimiento y la pérdida de la plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia a deformarse. Luego del fraguado inicial se va dando endurecimiento significativo y deformaciones permanentes.

2.6.2 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es una propiedad física, se define como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. La determinación de la resistencia a compresión se obtiene a través de ensayos en probetas de concreto.

III. CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE PRODUCIDO EN EL LAVADO DE LOS MIXERS DE UNA PLANTA DE CONCRETO

Para realizar la evaluación de la calidad del agua de lavado de los mixers, se realizó en laboratorio ensayos químicos a una muestra de agua de lavado, y se preparó una muestra de concreto con esta misma agua de lavado, con el fin de determinar la característica de este concreto, aplicándole ensayos físicos. Los resultados para esta última evaluación se dan en base a una comparación con un concreto preparado con agua potable.

También se realiza una evaluación al agua de producción que normalmente se emplea en la producción de concreto, que es agua potable, por ser un agua que cumple con los requisitos para ser considerada agua para producción de concreto.

3.1 Caracterización del agua de Producción de concreto.

Cumpliendo los estándares de calidad establecidos en la empresa, se realiza la evaluación del agua de producción de concreto:

Muestreo

Se toma una muestra del agua de producción (agua potable proveniente del grifo del laboratorio de la planta de concreto) para la realización de los ensayos químicos.

Monitoreo y evaluación del agua de producción

Una vez recibida la muestra, en el laboratorio se realiza los siguientes ensayos químicos al agua de producción:

- Residuos sólidos totales (ppm)
- Contenido de sulfatos (ppm)
- Cloruros (ppm)
- pH

- Alcalinidad (ppm)

Resultados de la evaluación del agua de producción de concreto

A continuación se muestran los resultados de los ensayos realizados a la muestra de agua de producción analizada, cabe indicar que no hay normas internacionales que establezcan requisitos para el agua de mezcla para concreto, sin embargo la norma Nacional Itintec 339.088 si establece requisitos para agua de mezcla y curado que son los empleados para evaluación en el presente informe.

Cuadro N° 5 Resultados de la evaluación del agua de producción de concreto, realizado en el laboratorio.

| ENSAYO | AGUA | LÍMITE MAXIMO PERMISIBLE | METODO DE REFERENCIA |
|--------------------------------|-------------|---|---------------------------------|
| Residuos sólidos totales (ppm) | 271.0 | 5000 | NTP 339.071 |
| Contenido de sulfatos (ppm) | 60.9 | 600 | NTP 339.074 |
| Contenido de cloruros (ppm) | 7.0 | 1000 | NTP 339.076 |
| pH (a 24.6 °C) | 7.3 | 5.5 MIN. | NTP 339.073 |
| Alcalinidad (a 25.1 °C) | 97.6 | 1000 MAX | ASTM D 1067 |

Para un mejor análisis a continuación se muestran los resultados de los ensayos químicos obtenidos en los últimos tres periodos de evaluación para el agua de producción.

Cuadro N° 6 Resultados de la evaluación del agua de lavado de los últimos tres periodos.

| ENSAYO | LÍMITE MAXIMO PERMISIBLE | AGUA FEB-13 | AGUA AGO-13 | AGUA FEB-14 |
|--------------------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|
| Residuos sólidos totales (ppm) | 5000 | 271.0 | 383.7 | 301.3 |
| Contenido de sulfatos (ppm) | 600 | 60.9 | 155.6 | 128.4 |
| Contenido de cloruros (ppm) | 1000 | 7.0 | 14.2 | 21.6 |
| pH (a 24.6 °C) | 5.5 MIN. | 7.3 | 7.3 | 7.2 |
| Alcalinidad (a 25.1 °C) | 1000 MAX | 97.6 | 146.4 | 122.0 |

Según se observa en el cuadro N° 6, los resultados de cada uno de los ensayos químicos realizados a las muestras de agua de producción (agua potable) se encuentra dentro de los límites permisibles requeridos.

3.2 Caracterización del agua de la poza de lavado de los mixers

Cumpliendo los estándares de calidad establecidos en la empresa, y para análisis del presente informe, se realiza la evaluación del agua de lavado de los mixers como se indica a continuación:

Muestreo

La muestra de agua de lavado se obtiene de la ducha de descarga de agua para lavado de los Mixer, esta agua proviene de la tercera poza de sedimentación (ver anexo N° 3) que conforma el sistema de pre tratamiento por decantación del agua de lavado.



Fig. 2 Toma de muestra del agua de lavado

Monitoreo y evaluación del agua de la poza de lavado

Para el análisis de la calidad de agua de lavado se realizan dos etapas de evaluación:

a) Evaluación de ensayos químicos aplicados al agua de lavado:

Se realiza los siguientes ensayos químicos al agua de lavado de los mixers:

- Residuos sólidos totales (ppm)

Contenido de sulfatos (ppm)

Cabe indicar que según la NTP 339.088, estos ensayos químicos al agua de lavado son opcionales

b) Evaluación del concreto preparado con el agua de lavado

Para evaluar la calidad del concreto preparado con el agua de lavado se requiere hacerle un comparativo con un concreto preparado con agua potable, por ello se preparan dos muestras de concreto:

- Muestra de concreto empleando agua potable.
- Muestra de concreto empleando el agua de lavado.

Una vez preparadas las muestras de concreto, se realiza los siguientes ensayos físicos a ambas muestras:

- Resistencia a la compresión en concreto a los 7 días (%)
- Tiempo de fragua inicial (Horas: minutos)
- Tiempo de fragua final (Horas: minutos)

El concreto para ambos casos tiene el mismo diseño, la misma cantidad de cemento, agregado, aditivo y también la misma cantidad de agua (una con agua de lavado y otro con agua potable).

El diseño de las muestras de concreto es de 1210N67B, lo cual significa que ha sido preparado con cemento tipo I, para lograr una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², concreto normal (sin aditivo), con agregado H67 (característica y tamaño de las piedras), con un valor de asentamiento de 4 a 6 pulgadas (los valores de asentamiento nos indican la trabajabilidad del concreto, concretos con valor de asentamiento de 8 a 10 pulgadas son concretos mas trabajables, de característica más fluida)

- Resultados de la evaluación del agua de la poza de lavado

En el cuadro N° 7 se muestran los resultados de los ensayos químicos y físicos realizados en las dos evaluaciones al agua de lavado.

La evaluación del concreto preparado con agua de lavado depende de los resultados obtenidos en el concreto preparado con agua potable.

Cuadro N° 7 Resultados de la evaluación del agua de lavado, realizado en el laboratorio de la planta de concreto.

| ENSAYO | RESULTADO | LIMITE PERMISIBLE | METODO DE REFERENCIA |
|---|-----------------------|---|-------------------------------|
| Residuos sólidos totales (ppm) | 6945.3 | 50000 Máx. | NTP 339.071 |
| Contenido de sulfatos (ppm) | 1980.6 | 3000 Máx. | NTP 339.074 |
| Resistencia a la compresión en concreto a los 7 días % (*) | 95.1 | 90 Mín. | ASTM C31/C31M, C39/C39M |
| Tiempo de fragua inicial Horas: Minutos Desviación de control (*) | 00:20 más temprano | De 01:00 más temprano a 1:30 más tarde. | ASTM C 403 / C403M |
| Tiempo de fragua final Horas: Minutos Desviación de control (*) | 00:29 mas temprano | De 01:00 más temprano a 1:30 más tarde. | ASTM C 403 / C403M |

(*) Con respecto al control: Agua potable. El diseño de referencia es el 1210N67B

Para el ensayo de resistencia a la compresión en concreto, como límite indica que el resultado del ensayo a la resistencia a la compresión de la muestra de concreto preparada con agua de lavado debe ser mayor igual al 90% del resultado obtenido del ensayo de resistencia a la compresión a la muestra de concreto con agua de lavado.

En el ensayo de tiempo de fragua del concreto para el caso de fragua inicial y fragua final el límite permisible para ambos casos es que el concreto alcance la fragua inicial y final como máximo una hora más temprano o máximo una hora y media más tarde con respecto al tiempo en el que fragua la muestra de concreto preparada con agua potable.

Para mayor información a continuación se muestran los resultados de los ensayos fisicoquímicos obtenidos en los últimos tres periodos de evaluación para el agua de lavado.

Cuadro N° 8 Resultados de la evaluación del agua de lavado de los últimos tres periodos.

| ENSAYO | LIMITE PERMISIBLE | AGUA FEB-13 | AGUA SET-13 | AGUA MAR-14 |
|---|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Residuos sólidos totales (ppm) | 50000 Máx. | 6945.3 | 6015.3 | 6382.7 |
| Contenido de sulfatos (ppm) | 3000 Máx. | 1980.6 | 785.3 | 1981.4 |
| Resistencia a la compresión en concreto a los 7 días % (*) | 90 Mín. | 95.1 | 90.7 | 96.3 |
| Tiempo de fragua inicial Horas: Minutos Desviación de control (*) | De 01:00 más temprano a 1:30 más tarde. | 00:20 más temprano | 00:24 más temprano | 00:42 más temprano |
| Tiempo de fragua final Horas: Minutos Desviación de control (*) | De 01:00 más temprano a 1:30 más tarde. | 00:29 más temprano | 00:32 más temprano | 00:51 más temprano |

(*) Con respecto al control: Agua potable. El diseño de referencia es el 1210N67B

La cantidad de residuos sólidos y contenido de sulfatos está por debajo de los límites permisibles en los tres periodos.

En el ensayo de resistencia a la compresión en concreto, todas las muestras reportan valores mayores al 90% de resistencia que se obtuvo en el concreto preparado con agua potable.

Los valores obtenidos en el ensayo de fragua inicial y ensayo de fragua final del concreto preparado con agua de lavado están dentro del rango permisible requerido en función al tiempo de fragua inicial y final del concreto preparado con agua potable para cada una de las evaluaciones de calidad del agua.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

1. De los resultados de los ensayos químicos realizados al agua de producción, agua potable, se observa que todos los valores están dentro del límite permisible por lo cual se determina que el agua potable apta para consumo humano, es adecuada para la producción de concreto.
2. El agua de la poza de lavado cumple con los requisitos de performance del concreto para ser considerada como agua de mezcla, ya que los resultados de tiempo de fragua inicial, tiempo de fragua final, y resistencia a la compresión están dentro de los límites permisibles considerados en la norma técnica peruana NTP 339.088
3. Los resultados de los ensayos químicos de residuos sólidos totales y contenido de sulfatos realizados al agua de la poza de lavado cumple con los límites químicos opcionales para agua de mezcla combinada, aun siendo analizada como agua de mezcla total, 100% agua de lavado.
4. De los resultado del ensayo de tiempo de fragua en el concreto preparado con agua de lavado, tanto para tiempo de fragua inicial y tiempo de fragua final, se observa que la presencia de sólidos totales influye aumentando el tiempo de fragua ya que en todos los resultados obtenidos en los diferentes periodos la fragua inicial y final se ha desarrollado antes de la fragua de concreto preparado con agua potable.

4.2 Recomendaciones

1. Los sólidos en suspensión totales presentes en el agua de lavado le dan característica de turbiedad al agua, lo cual podría afectar la apariencia final

del concreto. Se recomienda realizar un estudio técnico del sistema de recirculación de las pozas de lavado de todas las plantas y ver la eficiencia de cada diseño en disminuir la cantidad de sólidos totales e implementar el sistema mas eficiente en las plantas de concreto.

2. El sistema de tratamiento recircula la mayor cantidad del efluente (agua de lavado) por lo que no existe un riesgo considerable para el ambiente sin embargo, para lograr optimizar este sistema; se recomienda plantear un procedimiento para el lavado de los mixers de tal forma que la generación de efluente sea mínima.

V. BIBLIOGRAFIA

1. Cemento y concreto resistentes a sulfatos, IMCYT, 2006, volumen 9, Pág. 44 - 45
2. Gonzales M., Ataque Químico al Concreto, ASOCEM Lima, 1991, volumen N° 46, Pág. 8-10
3. Pasquel Carbajal, Enrique, Tópicos de tecnología del concreto, Pág. 59-67
4. Kemmer F., McCallion J., Manual del Agua Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones, Pag. 9-1 – 9-4
5. Kosmatka S., Kerkhoff B. , Panarese W., Tanesi J. Diseño y control de mezclas de concreto, Pág. 1- 2, 15-16, 95-103
6. Sánchez D., Colección Básica del Concreto: Tecnología propiedades, Pág. 11-14, 59-66

VI. ANEXOS

Anexo 1. Descripción y funcionamiento del sistema de tratamiento de lavado de los mixer.

Anexo 2. Fotografía de diseño de sistemas de recirculación en pozas de lavado.

Anexo 3. Relación de las normas técnicas basadas para la realización de los métodos de ensayos químicos y físicos desarrollados en el laboratorio.

Anexo 1. Descripción de la poza de lavado

DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAVADO DE LOS CAMIONES MIXERS

El concreto premezclado se produce mediante la mezcla de cantidades controladas de cemento, agua, arena piedra y aditivos. La planta concretera realiza la medición en peso y volumen de los insumos de mezcla antes de colocarlos en el interior del trompo del camión mezclador, donde se realiza la mezcla para su posterior despacho de concreto a las instalaciones indicadas por el cliente.

Una vez realizada la entrega de concreto el camión mezclador retorna a la planta concretera para cumplir con su función dentro del proceso productivo. Sin embargo antes debe ingresar a la poza de lavado de camiones mezcladores para la limpieza de residuos de concreto que haya quedado en el interior del trompo.

1. Descripción del sistema de tratamiento de lavado de mixer

El sistema de tratamiento de lavado de mixer consta de cuatro pozas de concreto que almacenan el agua, una poza de concreto donde se almacena los lodos, según la siguiente denominación (ver figura 3):

Poza de lavado.

Pozas de sedimentación N°1, N°2, N°3

Bomba de succión (en la poza N°3)

Poza de secado de lodo

2. Funcionamiento del sistema de tratamiento de lavado de mixer

El área de lavado del camión mezclador considera tres pozas continuas para la sedimentación de los sólidos por gravedad que se generen después del lavado interno del trompo del camión mezclador.

El agua de lavado circulará desde la primera poza de sedimentación hacia la segunda y luego la tercera, tiempo en el que los sólidos disueltos irán sedimentando en la primera y segunda poza.

El volumen de agua libre de sólidos acumulada en la tercera poza es reutilizada para el lavado de las mismas unidades empleando para ello una bomba de succión de líquidos, que bombea el agua de la poza de sedimentación N° 3 hacia las duchas que sirven para lavar el mezclador de los mixers, realizándose de esta manera la recirculación del agua de lavado.

Los sólidos retenidos en el primer y segundo compartimiento serán retirados cada día y colocados en la poza de secado de lodos para que logre solidificarse a la intemperie y ser retornados nuevamente a la cantera para su almacenamiento y reutilización.

Los lodos generados por el lavado de los mixers son evacuados y dispuestos por una EPS-RS autorizada y calificada por DIGESA

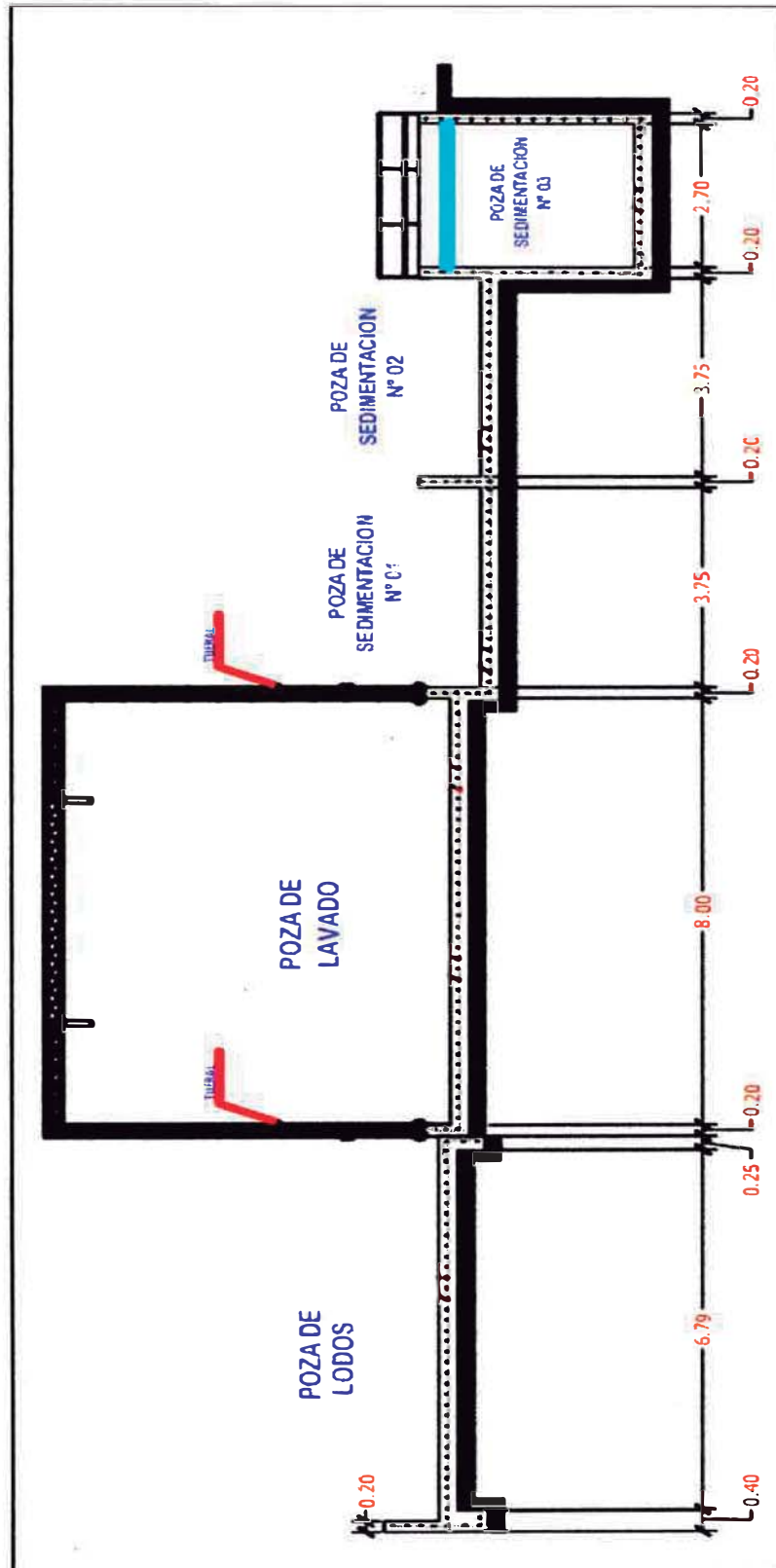


Fig. 3 Sistema de tratamiento de agua de lavado

Anexo 2 Fotografía de diseño de sistemas de recirculación en pozas de lavado.

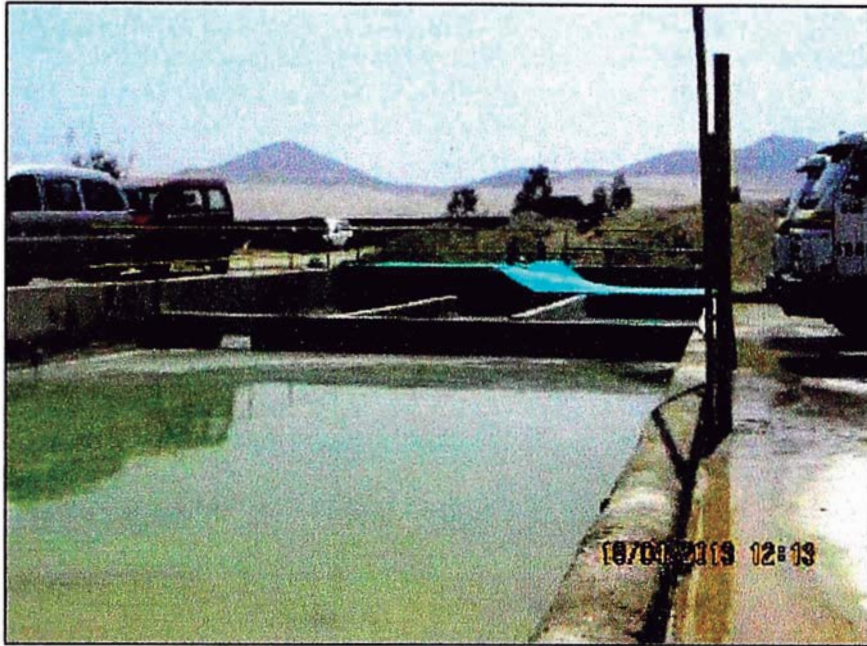


Fig. 4 Diseño del sistema de pozas de tratamiento de lavado planta N° 1



Fig. 5 Diseño del sistema de pozas de tratamiento de lavado planta N° 2



Fig. 6 Diseño del sistema de pozas de tratamiento de lavado planta N° 3

Anexo 3. Relación de métodos de ensayos y normas técnicas aplicadas para evaluación de calidad de agua.

RELACION DE METODOS DE ENSAYOS Y NORMAS TECNICAS
APLICADOS PARA EVALUACION DE CALIDAD DEL AGUA.

- Residuos sólidos (Norma de referencia NTP 339.071)
- Sulfatos solubles en el agua (norma de referencia NTP 339.074)
- Cloruros solubles en el agua (norma de referencia NTP 339.076)
- pH del agua (norma de referencia NTP 339.073)
- Alcalinidad (norma de referencia ASTM D 1067)
- Resistencia a la compresión en concreto (norma de referencia ASTM C31, ASTM C39)
- Tiempo de fragua (norma de referencia ASTM C403)