



Facultad de Ingeniería
Ingeniería en Construcción

**AJUSTE DE CONO CON ADICIÓN DE AGUA: CAMBIOS EN LA
RAZÓN AGUA / CEMENTO, QUE ALTERAN LAS RESISTENCIAS
DE UN HORMIGÓN PREMEZCLADO**

Tesis de pregrado para optar al título de Ingeniero en Construcción.

Autor:

Ignacio Narváez González

Profesor Guía: Mauricio Toledo Villegas

Santiago de Chile, 2016.

Agradecimientos

No existe mayor gratitud que la siento hoy por haber cumplido un sueño, anhelo que desde pequeño fue creciendo en mi interior y que llevo a concretar lo que es hoy, una realidad. Quiero agradecer en primer lugar a Dios, por haberme dado los padres y hermanas que tengo, por haberme concebido en este entorno familiar único, porque con ellos he podido llegar a terminar este pequeño sueño. Por poner en este camino mío a gente tan linda, gente que a lo largo de estos años ha sumado y a contribuido a mi formación tanto como profesional así como persona, quiero agradecer a profesores, compañeros, a los funcionarios de la universidad, y en especial al grupo de amigos del cuál he sido parte durante estos años y que continuara espero, durante toda la vida.

Tabla de Contenidos

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVOS	10
2.1. OBJETIVO GENERAL	10
2.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS	10
3. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	10
4. PUNTOS DE PARTIDA	13
5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	18
6. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	19
7. RESULTADOS	22
7.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO	22
7.2. PARTICIPACIÓN DEL OPERADOR MIXER	23
7.3. CUANTIFICACIÓN DE CAMBIOS EN LA RAZÓN AGUA/CEMENTO	27
7.4. RELACIÓN DE RESISTENCIAS CON LA ADICIÓN DE AGUA	30
7.5. PROPUESTA DE TRABAJO PARA PUENTE DE AJUSTE DE CONO	31
8. VALIDACIÓN	35
9. CONCLUSIONES	36
10. CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO	36
11. IMPLICANCIA PRÁCTICA	37
12. INVESTIGACIONES FUTURAS	37
13. SUGERENCIAS	37
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

Índice de Figuras

FIGURA 1. CIFE HORSESHOE .	12
FIGURA 2. METODOLOGÍA PARA LA INVESTIGACIÓN	18
FIGURA 3. DISPOSICIÓN GENERAL DE UNA PLANTA DOSIFICADORA, DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE CADA ETAPA	22
FIGURA 4. RESULTADOS PRIMERA ENCUESTA OPERADORES MIXER. RAZON DEL AJUSTE DE CONO	24
FIGURA 5. RESULTADOS PRIMERA ENCUESTA OPERADOR MIXER. RAZÓN DE LA ADICIÓN DE AGUA	25
FIGURA 6. RESULTADOS SUGUNDA ENCUESTA OPERADORES MIXER. RECONOCIMIENTO DE CONO DE ABRAMS Y ADICION DEAGUA	26
FIGURA 7. RELACIÓN QUE TIENE EL RECONOCIMIENTO VISUAL DE CONO DE ABRAMS CON LA POSTERIOR ADICION DE AGUA	27
FIFURA 8. COMPORTAMIENTO DE LA RAZÓN A/C CON EL RECONOCIMIENTO VISUAL DE CONO DE ABRAMS MAYOR A 2 CM	28
FIGURA 9. COMPORTAMIENTO DE LA RAZÓN A/C CON RECONOCIEMIENTO VISUAL SIN CONO DE ABRAMS	29
FIGURA 10. RELACIÓN ENTRE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN Y ADICIÓN DE AGUA	30
FIGURA 11. INSTRUCTIVO DE TRABAJO – PRIMERA CARA.	32
FIGURA 12. INSTRUCTIVO DE TRABAJO – SEGUNDA CARA	33
FIGURA 13. MODELO DE ENCUESTA I OPERADOR MIXER	42
FIFURA 14. MODELO ENCUESTA II OPERADOR MIXER	43
FIGURA 15. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL EN EL PUENTE	44
FIGURA 16. PRINT DE CARGA	46
FIGURA 17. TABLA DE ADICIÓN – DATOS DEL HORMIGÓN	50
FIGURA 18. TABLA DE ADICIÓN – DATOS DE LA INVESTIGACIÓN	50
FIGURA 19. VALIDACIÓN MODELO	52

Índice de Tablas

TABLA 1. PRINCIPALES CAUSAS DE LA VARIABILIDAD DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN	14
TABLA 2. ETAPAS Y PUNTOS DEL PROCESO RELACIONADO A ESTAS.....	23
TABLA 3. TABLA DE ADICIÓN DE AGUA	34
TABLA 4. MEDICIÓN DE ADICION DE AGUA.....	45
TABLA 5. MEDICIÓN DE LOS CAMBIOS EN LA RAZÓN A/C.....	45
TABLA 6. REGISTRO DE LA CANTIDAD DE AGUA ADICIONADA	47
TABLA 7. REGISTRO DE LAS RESISTENCIAS OBTENIDAS.	47
TABLA 8. REGISTRO DE ADICIÓN DE AGUA.....	51

Índice de Anexos

❖ ANEXOS:	40
➤ ANEXO A: REPRESENTACIÓN FOTOGRÁFICA DE LAS PARTES DEL PROCESO PRODUCTIVO.	40
➤ ANEXO B: ENCUESTAS OPERADOR MIXER I Y II.....	42
➤ ANEXO C: TABLAS: ESTIMACIÓN DE CAUDAL – MEDICIÓN DE ADICIÓN DE AGUA – MEDICIÓN DE CAMBIOS EN LA RAZÓN A/C	43
➤ FIGURA 15. DETERMINACIÓN DE CAUDAL EN EL PUENTE.	44
➤ ANEXO D: CALCULO DE LA RELACIÓN AGUA / CEMENTO REAL	45
➤ ANEXO E: TABLAS DE RESULTADOS DE MUESTRAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS HORMIGONES	47
➤ ANEXO F: INSTRUCTIVO TRABAJO PARA EL PUENTE DE AJUSTE DE CONO	48
➤ ANEXO F. TABLA DE ADICIÓN DE AGUA – REGISTRO DE ADICIÓN DE AGUA	49
➤ ANEXO G: VALIDACIÓN.....	52

Resumen

En el proceso industrializado de producción de un hormigón, llamado Hormigón Premezclado (H.P.), existen múltiples variables que alteran los resultados finales de éste o mejor dicho, que afectan las resistencias de un hormigón. La importancia de ir disminuyendo la variabilidad de resultados de un H.P., se ve reflejado tanto para bajar costos de producción hasta implicancias medio ambientales en la disminución de utilización de recursos que impactan nuestro sistema.

Las variables pueden estar en diferentes etapas del proceso de producción, es por eso que la presente investigación se enfocará en un punto específico del proceso, el cual es “Ajuste de Cono en Planta” localizado en la etapa de mezclado de producción de una planta de H.P.

Para llevar a cabo esta investigación se plantea un trabajo en terreno, en una planta de hormigones premezclados, con una serie de tareas tales como; mediciones de tiempo y cantidad de adición de agua, resistencias a la compresión. Con el fin de abordar puntos como la baja de resistencias de los hormigones y variabilidad entre estos, necesarios para determinar los aspectos relevantes en proceso de ajuste de cono en planta.

Como resultado de la investigación se presenta una propuesta de trabajo para el puente de ajuste de cono (instructivo de trabajo), con el fin regular la participación de los operadores mixer y las razones agua / cemento dentro de parámetros que disminuyan la variabilidad de las resistencias.

Palabras Claves

Hormigón Premezclado, Razón Agua / Cemento, Ajuste de Cono.

Abstract

Within the industrialized process of concrete productions, also called Premix-Concrete (P.C), there are a series of variables that may affect the final outcomes of it or that affect the resistance of concrete itself. The importance of decreasing the board possibilities of outcomes of a P.C is reflected both in lower production costs and the environmental implications in reducing the use of resources that may impact our eco-system.

Such variables can be found in different stages of the production process, that is why this piece of research aims to an specific area in the process, which is called "Adjusting Cone Plant". That it is located in the mixing stage production of a P.C plant.

To develop this investigation, a field work in an premixed concrete plan is proposed, with a serie of tasks such as: time measurement and the amount of water that is added throughout the process, and compressive strengths are also considered as relevant for the purpose of this investigation. The aim of this is to address issues Such as low resistance of concrete and the variability among them which are necessities to determine the relevant aspects in the process of adjusting the cone plant.

As a result of this research, a work proposal is presented in order to tackle the issues that may occur in the bridge adjusting cone (instructive of work), with the main aim of regulating the participation of mixer operators and the amount of water and cement used on the process within the parameters that could reduce the variability of concrete resistance.

Keywords

Pre-mixed Concrete, Reason Water / Cement, Cone Adjustment.

1. Introducción

Se puede decir que el hormigón es la base principal de construcción en Chile, corresponde a una mezcla simple de cuatro componentes: cemento, agua, áridos y aditivos, que sumados a la tecnología, entrega la industrialización de éste que recibe el nombre de Hormigón Premezclado (Ahumada, 2011). Un hormigón premezclado, aquél que es suministrado por una empresa distinta de la que construye la obra que se dedica principalmente a esta actividad y que cuenta con los recursos necesarios para dosificar, preparar y transportar el hormigón hasta la obra en la cual se ocupará (ACHEPH, 1992).

Esta actividad nace en Chile el año 1961 con la construcción de Villa el Dorado en la comuna de Vitacura, en donde la empresa IBEC importa seis camiones mezcladores para la construcción de dicha obra. Luego esta empresa crearía la sociedad Concretos Ready Mix S.A.. Ésta compraría un terreno para instalación de la primera planta de hormigones premezclados en el país, que hasta el día de hoy mantiene dicha ubicación (Ahumada, 2011).

Para reflejar la importancia del rubro solo en el año 2013 la producción de hormigones premezclados alcanzó los 7.363.687 m³, lo que mantiene en los últimos tres años la barrera de los siete millones de metros cúbicos despachados por año (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile , 2013). Acercándonos a la investigación, la ciudad de Curicó, una ciudad en constante crecimiento y expansión urbana, no está ajena a la producción de hormigón premezclado. Actualmente el Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (ICH), informa que la región del Maule representa un 3,4% de la producción total de hormigón premezclado del país, y Curicó cuenta con cuatro plantas de este tipo que son: Pétreos S.A., Isla Grande Ltda., Ready Mix S.A. y Áridos Rio Rauco Ltda.

Estas plantas se ven sometidas a una fuerte competencia para asegurar clientes y mantenerse en este mercado, para ello deben obligarse a mantener

fuerres controles para asegurar la calidad del producto, disminuyendo variaciones en los procesos de producción y así lograr una eficiencia que se verá reflejada en menor costo de producción (Covarrubias, 1992).

Este funcionamiento de estas plantas de hormigón premezclado fue observado por el alumno en la realización de una práctica formativa en 2013, al interior de la planta Pétreos S.A. de la misma ciudad, práctica que llamo la atención y despertaron el interés por investigar, y en particular, por ahondar en un proceso que se realiza sobre un puente metálico llamado “Puente de Ajuste de Cono”, donde existe la intervención directa de los operarios. Luego de analizar consultas sobre el tema con trabajadores de la planta y algunos profesores, se pudo constatar una situación anómala en ese proceso en particular que se refleja en lo siguiente:

Un proceso al interior de la planta que dependía exclusivamente de la experiencia y criterio del operador mixer, que de manera visual deducía qué cono de Abrams presentaba el hormigón al interior de la betonera del camión mixer y cuánta agua debía aplicar para llegar al cono necesario para salir de planta, y el segundo problema observado es que al llegar los resultados de muestreos de hormigón fresco realizados a los camiones por un laboratorio, existen variaciones en las resistencias a la compresión, medidos en MPa.

Existe una intuición respecto al tema que tiene que ver con los problemas mencionados anteriormente, en el caso de requerimiento de ajuste de cono en planta, el proceso depende de la experiencia del operador mixer. Existe una necesidad de normalizar el proceso de ajuste de cono con adición de agua, para mantener la razón agua / cemento de diseño y que no se vean afectadas las resistencias de los hormigones.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General.

El objetivo principal de la investigación es normalizar el proceso de trabajo sobre el puente de ajuste de cono, presentando un instructivo de trabajo, que recoja estos puntos; identifique el proceso, regule la participación de los operadores, mantenga dentro de un rango porcentual los cambios en la razón agua / cemento (A/C) y como resultado disminuya la variabilidad las resistencias en los hormigones.

2.2. Objetivos Secundarios

- Verificar el procedimiento actual de ajuste de cono cuantificando el potencial cambio en la razón A/C.
- Comprobar qué nivel de intervención tiene el operador mixer en el proceso.
- Realizar seguimiento a despachos de hormigón, midiendo resistencias mecánicas.

3. Alcance de la investigación

El alcance de la presente investigación comprende el desarrollo de una investigación, al interior de una planta dosificadora de hormigones premezclados, perteneciente a la ciudad de Curicó, el levantamiento de datos e información en un proceso productivo específico (puente de ajuste de cono), no alterando su funcionamiento normal. Solo se aceptarán datos exteriores a la planta entregados por el laboratorio destinado a la toma de muestras de hormigón fresco en obra.

Es importante subrayar que esta investigación es aplicable sólo a plantas dosificadoras con ajuste de cono con adición de agua y tengan procesos en similares condiciones.

Para cumplir con estos objetivos el estudio se ha estructurado en una serie de pasos sucesivos que encausan y focalizan el trabajo, la Figura 1 representa esto.

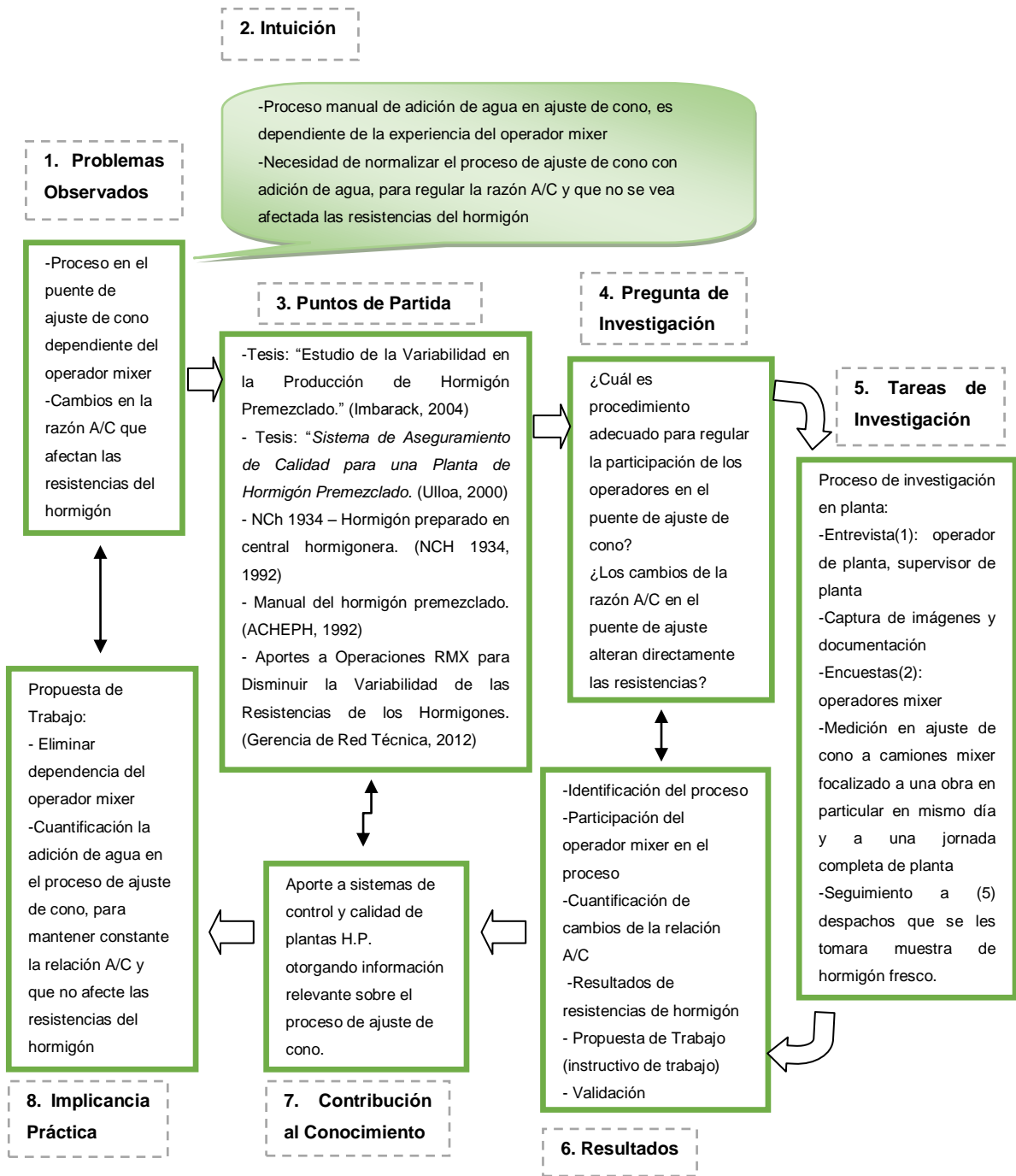


Figura 1. CIFE Horseshoe (Fischer, 2006) – Resumen de la Investigación.

4. Puntos de Partida

De la bibliografía revisada, la investigación se apoya en puntos de partida que dan referencia o indican un acercamiento a lo que se apunta llegar. Para ello se revisan varios aspectos importantes, a lo primero que se acude es a la normativa que regula o indica los lineamientos que las plantas siguen, también revisamos manuales técnicos que refieren al funcionamiento de plantas de H.P., como tercer punto a observar tiene que ver con trabajos o estudios previos relacionados con el tema, y por último acudimos al material de apoyo propio de las plantas para el trabajo interno.

Para comprender mejor los conceptos relacionados con el hormigón, existe una normativa chilena especial para producción de hormigones premezclados, de la cual se extrae los términos siguientes:

“Hormigón Preparado: hormigón dosificado en una central hormigonera, mezclado en la misma central o en un camión mezclador, transportado a un lugar predeterminado y entregado en el sitio de descarga” (NCh 1934, 1992).

“Central Dosificadora: planta en la cual se miden y pesan los componentes del hormigón y se cargan en un equipo amasador rodante” (NCh 1934, 1992).

“Camión Amasador: camión con tambor rotario estanco y no absorbente dotado de elementos amasadores que permiten obtener una mezcla homogénea y mantener la uniformidad del hormigón de acuerdo a NCh 1789” (NCh 1934, 1992).

Para efectos de esta investigación y con el propósito de uniformar el vocabulario llamaremos **Camión Mixer** al camión amasador.

Por otra parte ACI (1977), resume en Tabla 1 las causas de la variabilidad en la resistencia del hormigón, cuyo origen se debe a la composición y fabricación del hormigón. En ésta se destacan los cambios en la razón A/C producto de un

pobre control de agua, excesiva variación en la humedad de los áridos y el ajuste de cono en obra.

Tabla 1. Principales causas de la variabilidad de la resistencia del hormigón. (ACI 214, 1977)

Causa de las Variaciones en las Propiedades del Hormigón	Producto de:
Cambios en la razón agua / cemento	- Pobre control del agua - Excesiva variación en la humedad de los áridos - Ajuste de cono en obra
Variación en el requerimiento de agua	Áridos: - Granulometría del árido - Absorción - Forma de los áridos
Propiedades del cemento y adiciones	- Pobre calidad de moldes - tiempo de transporte y temperatura
Variaciones en las características y proporciones de los ingredientes	- Áridos - Cemento - Puzolanas - Adiciones
Variaciones en mezclado, transporte, colocación y compactación	
Variaciones en la temperatura y curado	

También, ACHEPH (1992), tiene definiciones relevantes para el tema, tales como hormigón premezclado (mencionado antes en la introducción), las diferencias entre la fabricación de un hormigón en una planta hormigonera y en obra, también indica que se reconocen en una planta dos procesos, el primero, existe la condición de que los materiales deban mezclarse en proporciones definidas con anterioridad, esto hace necesario que exista una etapa de medición; y la segunda dice que puesto que los materiales que conforman el hormigón son individualmente heterogéneos y, además, distintos entre sí, debe

existir una etapa de amasado o mezclado destinada a conferir la homogeneidad al hormigón. Pero también existe otra etapa previa a estas dos, como indica Ulloa (2000), que estima la etapa de recepción, manipulación y almacenamiento de materias primas. Con lo cual ya se pueden distinguir al menos tres etapas en la producción de un hormigón premezclado: almacenamiento de materias primas, medición y mezclado.

Otro aspecto importante tiene que ver con el aseguramiento de la calidad del hormigón producido por este tipo de plantas, *“mientras mejor se cumplan las funciones previstas para estos procesos, mayor será la calidad del hormigón, principalmente en lo concerniente a su uniformidad y en la seguridad de obtención de las propiedades previstas para él”* (ACHEPH, 1992). También deja claro que el principal interés del usuario que compra hormigón premezclado, es que el productor entregue un material de calidad y que esa calidad se mantenga durante todo el proceso en que lo va a ocupar.

Ulloa (2000), menciona que el proceso de operación de una planta se realiza mediante la combinación de los elementos y maquinaria de la planta con los operadores y encargados de cada uno de ellos. También muestra el nivel de organización de una planta de premezclados y los flujos de la misma, donde define **Operador Mixer** como: encargados de realizar el proceso de amasado el cual consiste en activar la betonera (instalada en el camión) por el tiempo necesario para obtener la homogeneidad requerida, además deben asegurar que el transporte del hormigón desde el lugar de despacho hasta el sitio de vaciado sea tal que no pierda las propiedades para el cual fue diseñado y mantenga su homogeneidad.

Respecto a los flujos de una planta, Ulloa (2000), dice que posterior a la carga de materiales el operador mixer lleva el camión al puente de ajuste de cono donde debe realizar una inspección visual al hormigón en la betonera para determinar fundamentalmente si el cono es correspondiente al indicado en la

guía de despacho, si requiere agregar más agua, lo cual se hace si es necesario. El operador mixer también observa cualquier otro tipo de anomalía que pudiere advertir.

Pasando a las causas de variaciones en el hormigón, Imbarack (2004) indica que las causas de la variabilidad de un hormigón premezclado, provienen de diversos factores que se producen en diferentes etapas, entre las cuales se encuentra diseño de la mezcla y sistema de control de calidad, y aspectos de la producción: influencia de la carga, mezcla y transporte. De estas variables menciona la temperatura ambiente y humedad relativa del aire presentes en la planta, medición del ajuste de cono en la mezcla y tiempo de mezclado a máxima revoluciones por minuto (R.P.M.), como aquellas de mayor impacto en variabilidad de un hormigón.

Refiriéndose al ajuste de cono, y en particular a la adición de agua, tiene las siguientes palabras:

“Es inusual que esta cantidad se mida, inclusive el profesor Douglas W. Deno señala que en su vasta experiencia nunca ha visto que esto se hiciese, y por eso mismo le gustaría que alguna vez se hiciese, aunque lo considera difícil. Esta afirmación la realizó durante el seminario “Prevención de Problemas en la Construcción con Hormigón” realizado en Santiago de Chile el 07 y 08 de Agosto de 2000” (Imbarack, 2004).

Imbarack (2004) también explica la interrelación que se produce entre variables y la interdependencia entre una y otra, menciona que una variable puede ser explicación para generación de otra.

Desde terreno también se recoge información importante sobre cómo se controlan estas variaciones y cómo trabajan en el puente de ajuste de cono a través de instructivos para dicha labor. Pétreos S.A. (2012), destaca las causas que producen la variabilidad y como disminuirla en sus procesos. Entre estos

puntos no se encuentra algo relacionado con el trabajo realizado en el puente de ajuste de cono, lo que sugiere que los esfuerzos de la empresa por bajar la variabilidad no abordan claramente los cambios que se producen en la razón A/C, ni la cuantificación de ésta, más bien estiman que es un proceso regulado y que no debiera afectar el resultado final de un hormigón premezclado, sin embargo esto debiera partir abordándose desde el diseño de una dosificación, cosa que es poco eficiente en términos de utilización de recursos.

Por otra parte un instructivo de trabajo que lleva por nombre “Ajuste de Cono” (Grupo Polpaico, 2013), tiene por objeto definir las pautas para realizar el ajuste de cono tanto en planta como en obra, y su alcance es aplicable a todos los operadores de plantas y operadores mixer de las plantas de hormigón. También define las responsabilidades de los actores involucrados, que son: supervisor de planta, operador de planta y operador mixer. Además aborda el desarrollo del proceso de ajuste de cono e indica los pasos a seguir por estos actores, donde el objetivo final a destacar es que el operador mixer no tenga que ajustar cono en la planta y sólo eventualmente en obra antes de descargar. La característica principal del proceso es el reconocimiento visual que hace el operador mixer, que según el instructivo debe completarse de esta forma:

“Para la verificación del cono, dependiendo del tipo de hormigón, se toman los siguientes aspectos:

- *Mientras gira la betonera y al mirar el hormigón en las paletas interiores, cuando más sube el hormigón, menor es el cono.*
- *Al escuchar el sonido del hormigón al girar la betonera, mientras más suave se escucha es mayor el cono”.*

(Grupo Polpaico, 2013)

Según esta percepción visual del operador mixer y en caso de ser necesario un ajuste, el instructivo indica que se debe aplicar la adición de agua en pequeñas cantidades hasta llegar al cono indicado en la guía de despacho.

5. Metodología de la investigación

La Figura 2 representa el curso de la investigación realizada en terreno, en un orden cronológico desde la visualización del problema hasta la obtención de la validación del instructivo de trabajo.

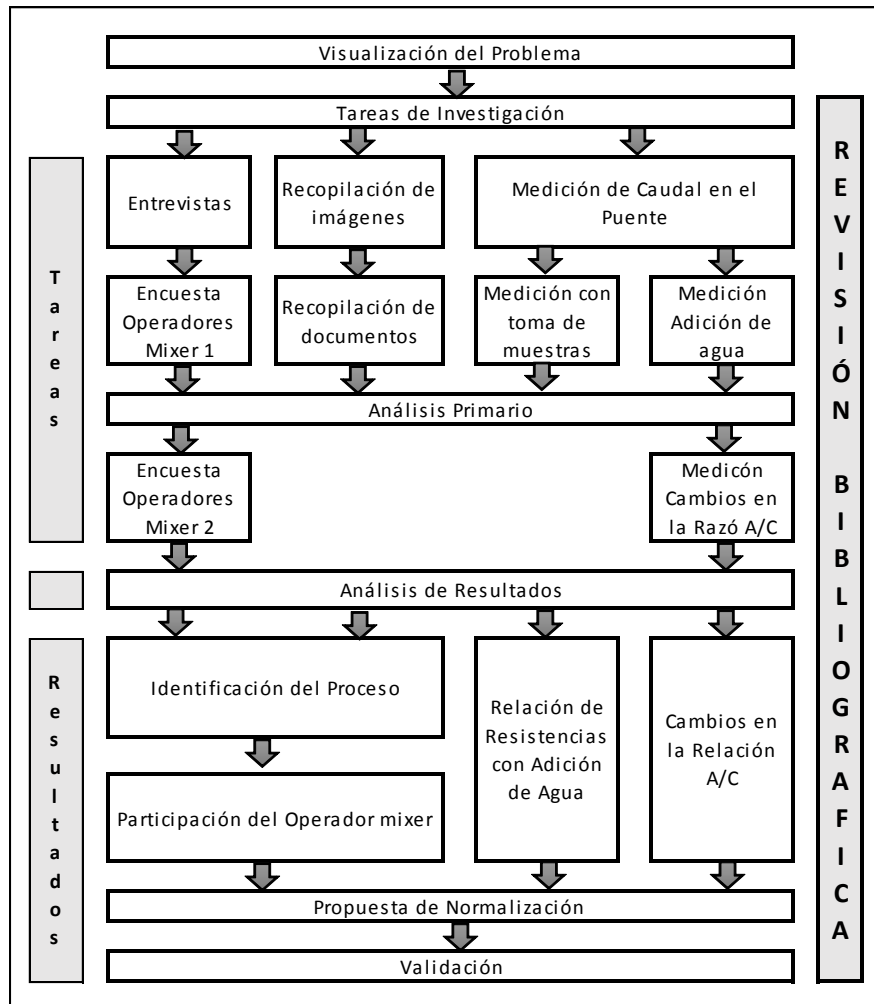


Figura 2. Metodología para la investigación.

En ésta se puede distinguir cuatro puntos principales: visualización del problema, tareas, análisis de resultados y los resultados. De las cuales se dependen una serie de pasos a seguir descritos más abajo, todo esto acompañado de una revisión bibliográfica a lo largo de toda la investigación.

6. Desarrollo de la metodología.

Visualización del Problema: Éste se materializó en enero de 2013 al realizar una práctica formativa al interior del recinto de la planta Pétreos, de la ciudad de Curicó. En ella se pudo hacer el primer acercamiento y observar el proceso de producción advirtiendo algunas situaciones anómalas que despertaron el interés por investigar.

Tareas de Investigación: Al abordar el tema se diseñó una primera etapa de tareas de investigación para aplicar en terreno, y que éstos fuesen los puntos de partida para comenzar a trabajar al interior de la planta.

- Entrevista Supervisor de Planta / Operador de Planta: Para conocer mejor el funcionamiento del proceso de producción de la planta y en particular el trabajo en el puente de ajuste de cono, se diseñó y aplicó una entrevista personalizada para cada operador, la cual fue registrada en audio. Total entrevistas aplicadas fueron un total de 2.
- Primera Encuesta Operadores Mixer: Se diseñó y aplicó una encuesta a los operadores mixer de dotación de la planta, 7 en total, con el objeto de medir la percepción que tienen sobre el proceso en el puente de ajuste de cono.
- Recopilación de Imágenes: Se realizó un registro fotográfico de las instalaciones de la planta, con el objeto de identificar cada parte de ella.
- Recopilación de documentos: Se levantó toda información disponible que pudiese servir de apoyo para investigación, facilitada por la jefatura de ésta, tales como instructivos, libros, memorias, etc.
- Medición del Caudal de Agua en el Puente: Para obtener el caudal de trabajo en el puente, se realizó una medición experimental que consiste en llenar un recipiente graduado de volumen conocido, con la manguera del puente a máxima presión, para medir el tiempo que se demora en llenar dicho recipiente. Con eso se obtiene la relación de litros / minutos presentes en el puente.

- Medición de Aplicación de Agua con Toma de Muestras: Esta medición cuantifica en el puente de ajuste de cono, la cantidad de tiempo de adición de agua, aplicada por el operador mixer, y temperatura ambiente que existe en el momento de aplicación. Se realiza a 5 camiones mixer, en diferentes días. A estos despachos se les tomará una muestra de hormigón fresco aplicada por un laboratorio, teniendo en común que se trata de un mismo tipo de hormigón. De esto se obtienen los resultados de resistencias a la compresión en MPa, para poder relacionar el cambio que experimenta la razón A/C con resultados de resistencias.
- Medición de Adición de Agua: Medición en el puente de ajuste de cono, aplicada a 8 camiones mixer despachados con un mismo tipo de hormigón, dirigidos a la misma obra y en una misma jornada de trabajo. Se registra el tiempo de adición de agua y la temperatura ambiente existente al momento de aplicación.

Análisis Primario: Se realiza un primer análisis de los datos obtenidos, para estimar otras posibles mediciones que puedan aportar resultados significativos a la investigación.

- Segunda Encuesta Operadores Mixer: La segunda encuesta aplicada al mismo número de operadores mixer que la primera encuesta, tiene como foco profundizar más en las funciones en el puente ajuste de cono.
- Medición de Cambios en la Razón A/C: Medición de una jornada completa de trabajo al interior de la planta, registrando el tiempo la adición de agua y la temperatura ambiente de trabajo al momento de aplicación a cada camión mixer. Esto con el fin de estimar los cambios que sufre la razón A/C.

Análisis de Resultados: En este punto se analiza toda la información obtenida en los puntos anteriores, y se representa de manera que pueda inducir a conclusiones posteriores.

- Identificación del Proceso: Representación del proceso productivo de la planta, identificado las etapas del proceso de producción y sus partes, además la definir dónde se encuentra el trabajo realizado en el puente de ajuste de cono en el proceso.
- Participación del Operador Mixer: Representación gráfica del nivel de participación del operador mixer, relación que existe acerca del reconocimiento visual que realiza.
- Cambios en la Relación A/C: Representación por medio de gráficos de los cambios generados por la adición de agua en el proceso de ajuste de cono, que modifican la razón A/C de diseño, medidos para una obra en particular y para una jornada completa de trabajo.
- Relación de Resistencias con la adición de Agua: Representación por medio de gráficos, de los cambios que genera la adición de agua al modificar la razón A/C y comparadas con las resistencias obtenidas.
- Propuesta de Normalización: Presentación de un instructivo de trabajo para el puente de ajuste de cono acompañado de la indicación de introducir tecnología de apoyo para el trabajo y tablas complementarias para el instructivo.
- Validación: Presentar la propuesta de trabajo para el puente de ajuste cono al Jefe de la Planta donde se realizó la investigación, para validar el cambio que se pretende implementar.

Bibliografía: El proceso de investigación es acompañado de una revisión constante de bibliografía relacionada con la materia a medida que transcurre, y que va de lo general a lo específico a medida que avanza el tiempo.

7. Resultados.

7.1. Identificación del Proceso.

Para identificar el proceso que se realiza en el puente de ajuste de cono, se deben establecer las etapas de producción que existen al interior de la planta. La Figura 3 representa el esquema general de una planta dosificadora de hormigones y los puntos marcados a etapas dependiendo del color asignado.

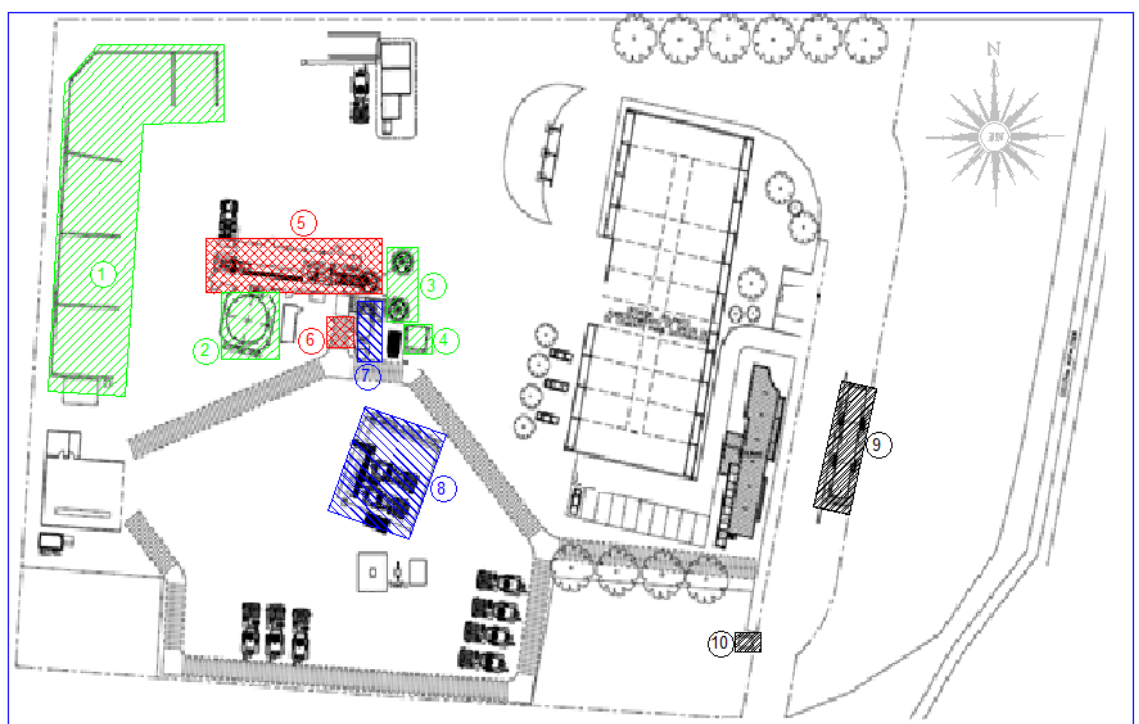


Figura 3. Disposición general de una planta dosificadora, determinación de los puntos de cada etapa.

Cada punto indicado en la Figura 3 es separado por etapas como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Etapas y puntos del proceso relacionado a estas.

Abastecimiento de Materias Primas		Medición		Mezclado		Transporte	
1	Acopio de áridos	5	Planta Betonmac	7	Pilón de carga	9	Romana de pesaje
2	Estanques de agua	6	Caseta control de Planta	8	Puente de ajuste de cono	10	Caseta control de seguridad
3	Silos de cemento						
4	Estanque de aditivo						

El proceso de ajuste de cono adición de agua, se realiza en la etapa de mezclado de la planta, y luego de cargar las materias primas en el pilón de carga mecánica que realiza la planta. Luego de este proceso termina la etapa de mezclado y pasa la última etapa que es el transporte del hormigón. . El anexo A contiene una representación fotográfica de cada punto especificado.

7.2. Participación del Operador Mixer.

La encuesta n°1 aplicada operadores mixer, para determinar el grado de conocimientos sobre el proceso en el puente de ajuste de cono, arrojó los siguientes resultados. Las preguntas y el formato de las encuestas se presentan en el Anexo B.

La pregunta ¿cuál es la razón por la que se ajusta cono?, se ve representada en la Figura 4, con el objeto de estimar a que se asocia principalmente el ajuste de cono en el puente de trabajo.

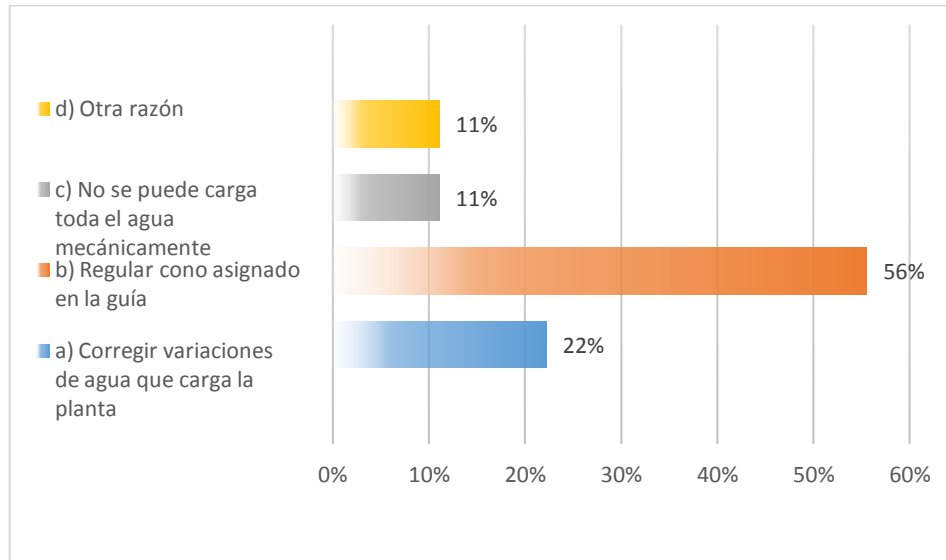


Figura 4. Resultados primera encuesta operadores mixer. Razón del ajuste cono.

De estas alternativas propuestas, la que alcanza un mayor porcentaje de preferencias es regular el cono asignado en guía de despacho (56% de las preferencias). Por otra parte se consultó, de qué estiman que depende el tiempo de aplicación de agua al interior de la betonera (donde se puede ver Figura 5).

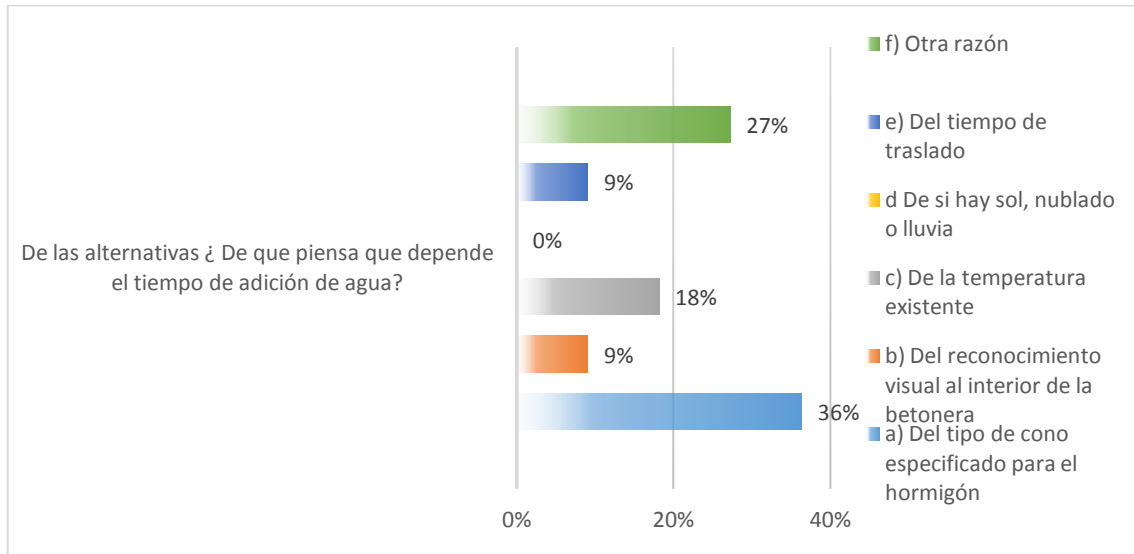


Figura 5. Resultados primera encuesta operador mixer. Razón de la adición de agua.

De la Figura 5 se observa que el 36% de las preferencias asocia esta pregunta que se debe al tipo de cono asociado al hormigón, además existe un fuerte porcentaje de respuestas que lo asocia a otra razón (27% de las preferencias).

Una segunda encuesta aplicada a operadores mixer, con motivo de profundizar en el tema de visualización y reconocimiento del hormigón en el puente de ajuste de cono, trajo consigo los resultados presentados en la Figura 6.

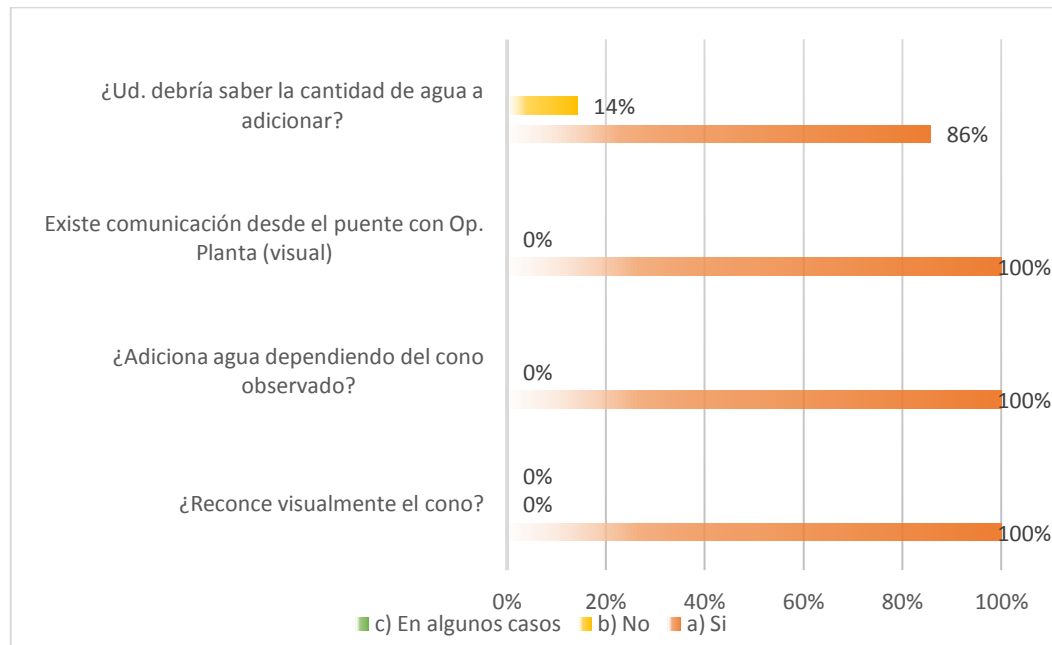


Figura 6. Resultados segunda encuesta operadores mixer. Reconocimientos de cono de Abrams y adición de agua.

De la Figura 6 se observa que los operadores mixer, estiman se debería conocer la adición de agua (86%). Claramente en la Figura 6 indica que existe sólo comunicación visual con el operador de planta, un reconocimiento visual del cono al interior de la betonera y una adición que depende de esta observación.

De los puntos antes mencionados se desprende que el operador mixer participa directamente en el reconocimiento visual del cono al interior de la betonera y en adicionar agua de acuerdo a la visualización que realiza.

7.3. Cuantificación de cambios en la razón Agua/Cemento

Para cuantificar los cambios producidos en la razón agua / cemento el primer paso es determinar la cantidad de agua que aporta el sistema que inyecta dicha agua. Esto se expresa en la metodología y se registra en el Anexo B, para cualquier cálculo que se pretenda estimar en adelante. Además se registra en el Anexo C las tablas de las mediciones con los datos obtenidos y la forma de obtener las razones A/C en el Anexo D.

La Figura 7 muestra los resultados de una medición de adición de agua en el puente, a despachos de un mismo tipo de hormigón. En este caso un H 25(10) 40/8 (Hormigón de resistencia a la compresión de 25 MPa, 10% de fracción defectuosa, tamaño máximo del árido de 40mm y con un cono de 8 cm). Seguidos en el mismo día. De aquí se analiza la relación que existe entre la adición de agua en el ajuste cono y el reconocimiento visual de cono efectuado por el operador mixer antes de la adición.

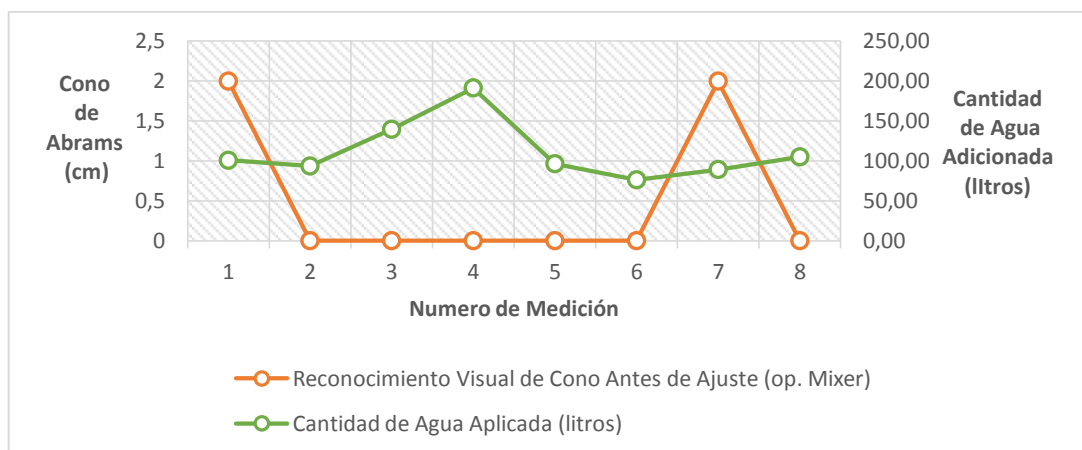


Figura 7. Relación que tiene el Reconocimiento Visual de Cono de Abrams con la Posterior Adición de Agua.

La Figura 7 advierte que la relación entre la visualización del cono al interior de la betonera antes de ajustar cono, no tiene directa relación con la cantidad de

agua que se aplico al interior de la betonera. Todo esto por parte del operador mixer.

La segunda medición que determina cambios de la razón A/C, a una jornada completa de trabajo al interior de una planta de H.P., a diferentes tipos de hormigón. De la cual se obtiene la Figura 8, que muestra la relación que existe cuando el reconocimiento visual de cono por parte de operador mixer, es mayor a 2 [cm], y qué alteraciones se producen en las razones A/C. En la Figura 8 se pueden observar las tres razones A/C que existen en la planta: razón A/C de diseño, razón A/C cargada mecánicamente por la planta y razón A/C real, esta última que se estima a partir de la adición de agua en el puente de ajuste de cono.

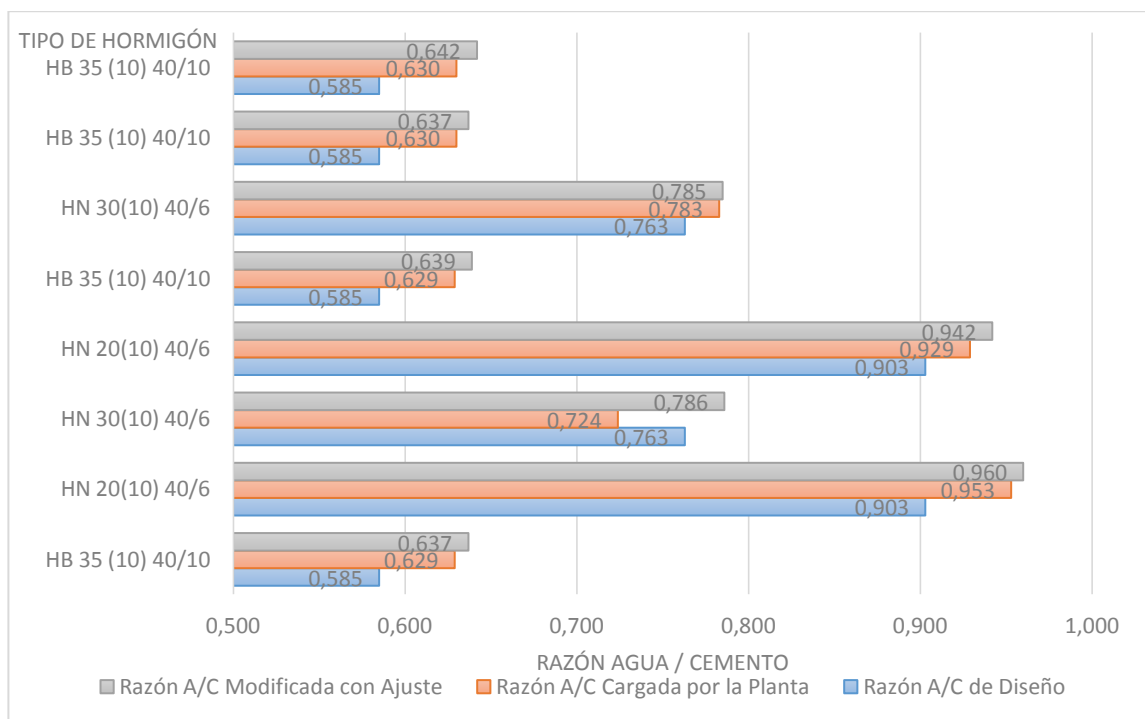


Figura 8. Comportamiento de razón A/C con el reconocimiento visual de cono de Abrams mayor a 2cm.

Para este caso presentado en la Figura 8 existe una tendencia a que la razón agua / cemento de diseño se aleje de las otras dos razones, cuando existe un reconocimiento visual de cono mayor a 2 cm en los hormigones observados por parte del operador mixer.

En la Figura 9, por otra parte, se puede observar lo que sucede cuando el reconocimiento de cono visual por parte del operador mixer, advierte que el hormigón no tiene cono al interior de la betonera, y lo que sucede con los cambios en la razón agua / cemento. Debido a la cantidad de datos se tomó sólo una muestra representativa de ellos.

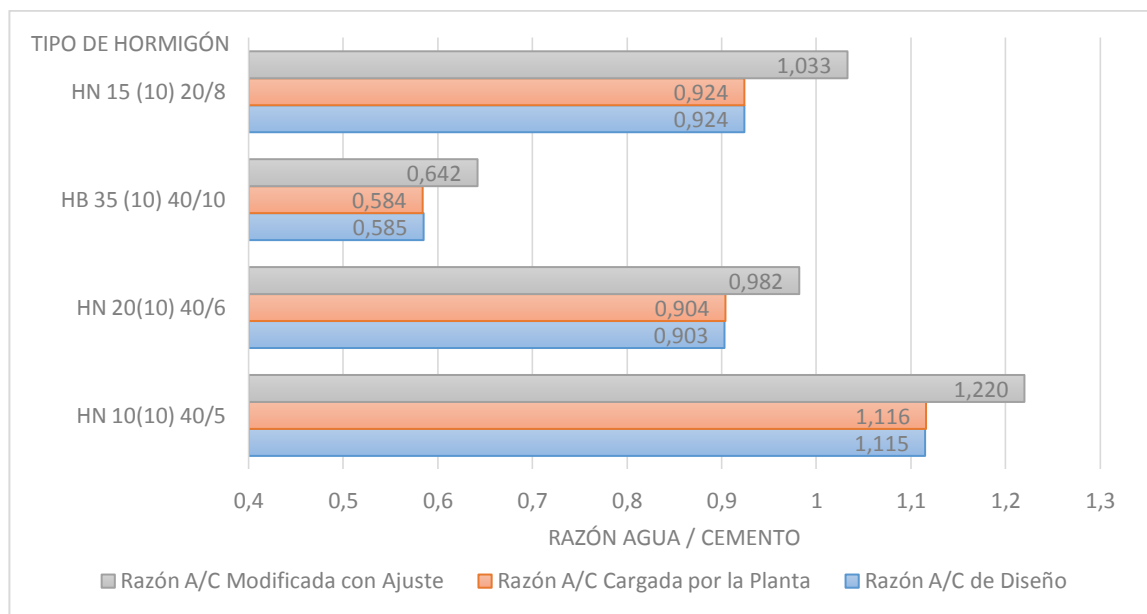


Figura 9. Comportamiento de la razón A/C con reconocimiento visual sin cono de Abrams.

Se puede estimar una clara tendencia a que la razón agua / cemento real calculada con la adición de agua en el puente de ajuste de cono se aleje y aumente con respecto a las otras dos razones agua/ cemento.

7.4. Relación de Resistencias con la adición de Agua.

Para comparar resultados de resistencias mecánicas a la compresión con las variaciones que se producen en el puente de ajuste de cono, se hizo un seguimiento de despachos de un mismo tipo de hormigón, en este caso un HB 25(10) 40/8, donde se midió la cantidad de agua adicionada en el puente y la alteración que producía ésta en la razón agua / cemento. Los datos obtenidos se encuentran presentados en el Anexo E.

La Figura 10 muestra la relación del comportamiento de las resistencias con respecto a la adición de agua en el puente de ajuste de cono.

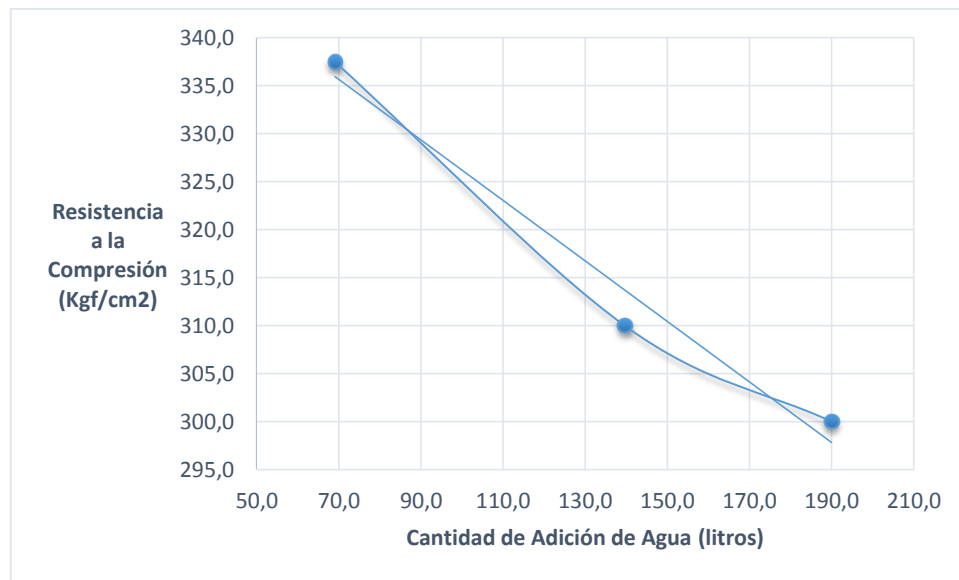


Figura 10. Relación entre resistencias a la compresión y adición de agua.

La Figura 10 corrobora una clara tendencia de que a mayor adición de agua en el puente de ajuste de cono menor es la resistencia que se obtiene.

Por otra parte se tiene que al adicionar agua en el puente de ajuste de cono la razón agua /cemento aumenta, teniendo directa relación con los resultados en las resistencias.

7.5. Propuesta de Trabajo para Puente de Ajuste de Cono.

Para la propuesta de trabajo en el puente de ajuste de cono se confeccionó un instructivo con formato hoja carta donde se emplean las dos caras de ésta. Cada cara contiene lo indicado en la Figura 11 y Figura 12 respectivamente. También para protección de este documento por el uso se contempla una plastificación transparente de este. Las indicaciones para su implementación y otras consideraciones se encuentran descritas en el Anexo E.

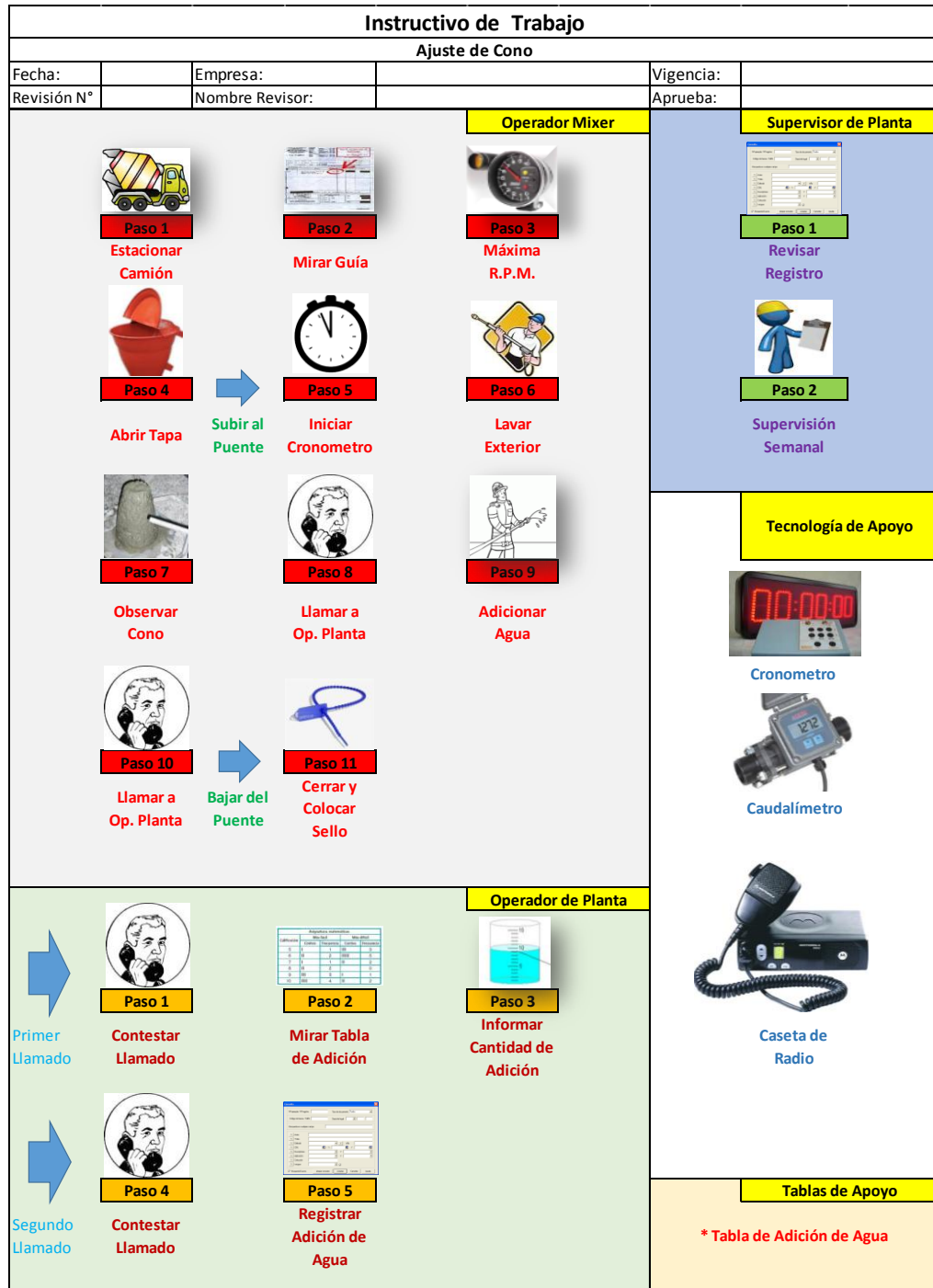


Figura 11. Instructivo de trabajo – Primera cara.

Detalle de los Pasos del instructivo	
<p>Operador Mixer:</p> <p>Paso 1: Estacionar el camión acuatado en forma que el buzón de carga quede en posición de trabajo en el puente de ajuste de cono</p> <p>Paso 2: Antes de descender del camión verificar en la guía de despacho el cono asignado para el hormigón.</p> <p>Paso 3: Aumentar al máximo las R.P.M. de giro de la betonera.</p> <p>Paso 4: Abrir la tapa de cierre de la canoa principal del camión mixer, ubicada en la parte posterior.</p> <p>Subir al puente de ajuste de cono</p> <p>Paso 5: Verificar que el cronometro se encuentra en 0 si no fuese así oprimir el botón de reestablecer, luego de eso iniciar el cronometro de trabajo que se encuentra sobre el puente. El tiempo estimado para la operación es de 5 minutos. No debe ser inferior a ese tiempo el trabajo sobre el puente.</p> <p>Paso 6: Lavar el exterior del camión, aplicando agua a presión dispuesta en las mangueras que se encuentran sobre el puente.</p> <p>Paso 7: Observar y determinar el cono al interior de las betonera siguiendo las indicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Mientras gira la betonera y al mirar el hormigón en las paletas interiores, cuando más sube el hormigón, menor es el cono.</i> ○ <i>Al escuchar el sonido del hormigón al girar la betonera, mientras más suave se escucha es mayor el cono".</i> <p>Paso 8: Llamar al Operador de planta desde la caseta de radio que se encuentra en el puente, indicarle el cono observado y el tipo de hormigón que transporta, luego le dirá las cantidad máxima de agua, en litros, que puede adicionar al hormigón para ajustar cono.</p> <p>Paso 9: Adicione el agua al interior de la betonera para llegar al cono indicado sin sobrepasar el máximo indicado por el operador.</p> <p>Paso 10: Llamar al Operador de planta e indicar la cantidad de agua que aplicó, en litros.</p> <p>Bajar del puente de ajuste de cono</p> <p>Paso 11: Cerrar la tapa de la canoa principal y colocar el sello correspondiente entregado por el Operador de Planta.</p>	<p>Supervisor de Planta:</p> <p>Paso 1: Revisar el registro semanal de ajuste de cono, primero que se esté llenado en las condiciones correctas y posterior revisar que las adiciones de agua se encuentren bajo los parámetros máximos indicados para cada tipo de hormigón en particular.</p> <p>Paso 2: De forma aleatoria se debe hacer una inspección semanal, para estimar el correcto funcionamiento del procedimiento descrito en este instructivo, debe llenar en el libro de inspección dispuesto en la caseta de control de planta donde indicará fecha, hora y nombre de quien supervisa. Toda anomalía advertida en el proceso debe quedar por escrito en el registro, para su posterior revisión.</p>
<p>Operador de Planta:</p> <p>Paso 1: Contestar el llamado desde puente de ajuste de cono</p> <p>Paso 2: Mirar la tabla de adición de agua, buscar el tipo de hormigón indicado por el operador mixer</p> <p>Paso 3: Indicar la cantidad máxima que debe adicionar según la tabla.</p> <p>Paso 4: Contestar el llamado desde el puente de ajuste de cono</p> <p>Paso 5: En el libro de registros de adición de agua en el puente de ajuste de cono, registrar la cantidad de agua, en litros, adicionada junto con la descripción del hormigón correspondiente.</p>	<p>Tecnología de Apoyo:</p> <p>Cronometro: El puente debe constar con un cronometro digita de tipo industrial, que cuente con botones de iniciar y restablecer de fácil manejo.</p> <p>Caudalímetro: Las válvulas que se encuentran en el puente para inyección de agua por medio de las mangueras, deben poseer un caudalímetro digital que indique la cantidad de litros que se inyecta, además de botones de inicio y restablecer de fácil manejo.</p> <p>Caseta Comunicación: En el puente debe existir una caseta para intemperie que cuente con radio comunicador con línea directa a la Caseta de control de planta.</p>

Figura 12. Instructivo de Trabajo - Segunda cara.

También para apoyar el instructivo se confecciona un modelo de tabla de adición de agua, para indicar la cantidad de litros que debe agregar el operador mixer en el paso descrito en el instructivo y proporcionado por el operador de planta. Las indicaciones para el uso y la configuración de esta tabla se entregan en Anexo F. En ésta se puede advertir, en color amarillo, el ejemplo de registro de los datos recogidos desde terreno.

Tabla 3. Tabla de adición de agua.

Tabla de Adición de Agua										
Datos del Hormigón (Entregados por la Planta)						Datos de Investigación				
Tamaño Máximo del Árido	Designación del Hormigón	Rango de Resistencias	Rango de Cono	Razón A/C Menor	Agua Diseño 1m ³ (litros)	% Máximo de Adición con Cono = 0	Cantidad Max. de Adición 7,5 m ³ (litros)	% Máximo de Adición con Cono mayor a 2	Cantidad Max. de Adición 7,5m ³ (litros)	
20	HN (hormigón Normal)	H-5 a H-20	Menor a 7							
			Entre 7 a 10							
			Mayor a 10							
		H-25 a H-35	Menor a 7							
			Entre 7 a 10							
			Mayor a 10							
	Superior a H-40	Menor a 7								
		Entre 7 a 10								
		Mayor a 10								
	HB (Hormigón Bombeable)	H-5 a H-20	Menor a 7							
			Entre 7 a 10							
			Mayor a 10							
H-25 a H-35		Menor a 7								
		Entre 7 a 10								
		Mayor a 10								
Superior a H-40	Menor a 7									
	Entre 7 a 10									
	Mayor a 10									
40	HN (hormigón Normal)	H-5 a H-20	Menor a 7	0,903	189	8,75%	124	6,31%	89	
			Entre 7 a 10							
			Mayor a 10							
		H-25 a H-35	Menor a 7							
			Entre 7 a 10							
			Mayor a 10							
	Superior a H-40	Menor a 7								
		Entre 7 a 10								
		Mayor a 10								
	HB (Hormigón Bombeable)	H-5 a H-20	Menor a 7							
			Entre 7 a 10							
			Mayor a 10							
H-25 a H-35		Menor a 7								
		Entre 7 a 10								
		Mayor a 10								
Superior a H-40	Menor a 7									
	Entre 7 a 10									
	Mayor a 10									

También en el Anexo E se muestra un cuadro de registro de adición de agua, para llevar el control de las adiciones.

8. Validación.

Para validar el instructivo de trabajo, para el puente de ajuste de cono, se expusieron los resultados y el funcionamiento del instructivo con las tablas de apoyo y el registro de adición, primero al jefe de planta donde se realizó la investigación y segundo a un profesional experto del área. Luego de eso se registró la aceptación o rechazo de las preguntas descritas en el Anexo G y un comentario general de la propuesta registrado en audio, estos resultados se muestran a continuación.

- ✓ Mejora al trabajo actual. (Aceptación)
- ✓ Continuidad en los pasos del instructivo. (Aceptación)
- ✓ Tecnología de apoyo. (Aceptación)
- ✓ Registro de adición de agua. (Aceptación)
- ✓ Tabla de adición de agua. (Aceptación)
- ✓ Regular y contralar la adición de agua. (Aceptación)

Comentarios:

“En términos generales las tres oportunidades más importantes que se aprecian en este tema son:

- *Asegurar la calidad del producto*
- *Optimizar los recursos, materias primas, en especial el cemento*
- *Profesionalizar al personal en el trabajo realizado*

Si bien existe un costo en la implementación de las tecnologías se justifica con las oportunidades descritas, me parece una buena iniciativa.”

(Zapata, 2014)

9. Conclusiones.

Como conclusión se puede decir que el objetivo principal que se propone para la investigación, el cual es hacer una propuesta de trabajo para el puente de de ajuste de cono, se cumple al presentar el instructivo y las indicaciones correspondientes para éste. Se identifica el proceso estimando una secuencia de pasos interrelacionados entre operadores, regulando los pasos que deben seguir todos los involucrados y en particular el operador mixer, también aborda la cantidad de adición de agua controlada que debe proporcionar a rango de hormigones, esto debiera traer consigo mejoras de los resultados en las resistencias a la compresión de los hormigones.

- Se verifica que el proceso actual desproporciona las razones agua / cemento, alejándolas de las de diseño o más bien, que las razones estimadas en los diseños de hormigones no se acercan a lo real.
- Se comprueba una directa relación existente en proceso del Operador Mixer que incide directamente su percepción visual de cono con el proceso. Reconociendo que es de vital importancia para el proceso la participación de éste, pues se basa todo en el reconocimiento visual de cono que pueda estimar.
- El seguimiento realizado a los despachos de hormigón, a los cuales se les realizó una muestra de hormigón fresco, arrojó resultados que indican que a mayor desproporción de la razón agua / cemento menores resistencias en muestras de hormigón.

10. Contribución al conocimiento

Se realiza un aporte a investigaciones y sistemas, sobre control de procesos y aseguramiento de calidad, entregando información sobre un proceso que no se ha medido ni estimado con anterioridad, en la empresa objeto de estudio.

11. Implicancia Práctica

Con la propuesta de trabajo para el puente de ajuste de cono, se obtiene la eliminación de dependencia de la adición de agua descontrolada por parte de los operadores mixer. Ahora se asigna un rango en el cual deben aplicar el agua y además se les proporciona instrumentos que les permiten estimar esa cantidad. Además este instrumento de trabajo trae consigo un acercamiento de las razones A/C de diseño con las reales, con lo cual esto debería acercar las resistencias a la compresión que tienen los hormigones cuando son ensayados.

12. Investigaciones futuras

Este trabajo es tal vez la base para investigaciones futuras en la materia, ya que no existen otras anteriormente que aborden directamente el punto en cuestión, y deja una propuesta inicial de como se puede avanzar en la normalización de este proceso productivo en particular, que puede ser mejorada en cuanto a forma e implementación.

13. Sugerencias

Se debe entender que este trabajo investigativo se basa en una planta de H.P., pequeña, por lo tanto para compresión y entendimiento del trabajo en sí, debemos tener cuidado con el volumen de producción en el cuál se realizo dicha investigación.

14. Referencias Bibliográficas

ACI 214 (1977) "**Evaluation Of Strength Test Results Of Concrete**". American Concrete Institute, EE.UU.

Ahumada, María J. (2011) "**El Hormigón Premezclado, la Clave de la Construcción**". En *Concreto*, CChC, N° 108, Chile, pp 56-58.

Asociación Chilena de Empresas de Premezclados de Hormigón, (1992) "**Manual del Hormigón Premezclado**". Santiago, Chile.

Covarrubias, Juan P. (1992) "**Hormigón Premezclado**". *Revista Ingeniería de Construcción*, N°8, Santiago, Chile, pp 01-08.

Fischer, Ascona (2006) "**Formalizing Construction Knowledge for Concurrent Performance-based Design**". Stanford, CA 94305-4020, EE.UU.

Gamonal, Cristian (2013) "**Incidencia del Operador Mixer en la Resistencia del Hormigón**". Tesis de Pregrado, Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile.

Gerencia Red Técnica (2012) "**Aportes a Operaciones RMX para Disminuir la Variabilidad de las Resistencias de los Hormigones**". Grupo Polpaico, Chile

Imbarack, Cristián (2004) "**Estudio de la Variabilidad en la Producción de Hormigón Premezclado**". Tesis de Posgrado, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

NCh 170. Of 85. (1985) "**Hormigón – Requisitos Generales**". INN, Chile.

NCh 1094. Of 74 (1974) "**Construcción – Hormigón – Determinación de la Docilidad – Método del Asentamiento de Cono de Abrams**". INN, Chile.

NCh 1934. Of 92. (1992) "**Hormigón Preparado en Central Hormigonera**". INN, Chile.

Ulloa, Rodrigo A. (2000) “**Sistema de Aseguramiento de Calidad para una Planta de Hormigón Premezclado**”. Tesis de Pregrado, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Zapata, Sergio (2014) Entrevista en “**Validación instructivo de trabajo Ajuste de cono**”. [Audio Mp3] Validación Anexo G, Curicó, Chile.

❖ **Anexos:**

- **Anexo A: Representación fotográfica de las partes del proceso productivo.**

A continuación se muestran en imágenes cada uno de los puntos marcados en la Figura 4, disposición general de una planta dosificadora.

Abastecimiento de materias primas



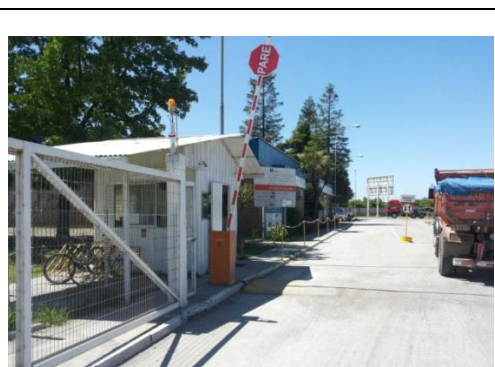
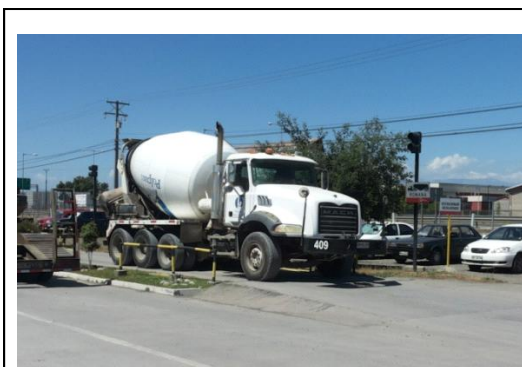
Medición



Mezclado



Transporte



➤ **Anexo B: Encuestas operador mixer I y II**

A continuación se muestran las Figuras 13 y 14 correspondientes a cada encuesta aplicada.

Encuesta a operador mixer I	
Nombre:	
Edad:	
Tiempo en la planta:	
Trabajos anteriores en otra planta:	
Tiempo en otra planta:	
1. ¿Cree saber porque se realiza el ajuste de cono?	
Si	No
2. De estas alternativas, cuál o cuáles piensa Ud. que es la razón porque se ajusta cono	
a) Para corregir variaciones de agua en la carga mecánica que hace la planta	
b) Para regular el cono asignado en la guía de despacho	
c) Porqué mecánicamente no se puede cargar toda el agua	
d) Ninguna de las anteriores	
3. ¿De qué piensa que depende el tiempo de aplicación de agua al interior de la betonera? Marque una o varias que estime correctas	
a) Del tipo de cono especificado para el hormigón	
b) De cómo se vea al interior de la betonera antes del ajuste	
c) De la temperatura existente	
d) De si hay sol, está nublado o hay lluvia	
e) Del tiempo de traslado	
f) Ninguna de las anteriores	
4. Para un hormigón cono 10 en condiciones normales en que trabaja la planta ¿entre que rangos de tiempo aplicaría agua?	
a) Entre 0 a 0,5 minutos	
b) Entre 0,5 a 1 minutos	
c) Entre 1 a 2 minutos	
d) Entre 2 a 3 minutos	
e) Más de 3 minutos	
f) No puede determinar un tiempo adecuado	

Figura 13. Modelo encuesta I operador mixer.

Encuesta N°2 Operadores Mixer II

Nombre:
Fecha:

Responda las alternativas que estime correctas

- 1) Cuando el camión mixer sale de planta de carguío y sube al puente de ajuste ¿reconoce el cono que tiene al interior de la betonera antes de aplicar agua?
 - a) Si
 - b) No
 - c) En algunos casos
- 2) Del agua que agrega en el ajuste de cono ¿depende del cono observado al interior de betonera?
 - a) Si
 - b) No
- 3) Del cono que observa al interior de la betonera al inicio de la jornada de trabajo ¿se mantiene durante el día?
 - a) Si
 - b) No
 - c) La mayor parte del tiempo
 - d) Pocas veces
- 4) Existe comunicación entre el puente de ajuste y la caseta de control de planta
 - a) Si
 - b) No
- 5) Cree Ud. Que debería saber la cantidad de agua para agregar en el puente de ajuste de cono.
 - a) Si
 - b) No

Figura 14. Modelo encuesta II operador mixer.

➤ **Anexo C: Tablas: Estimación de caudal – Medición de adición de agua – Medición de cambios en la razón A/C**

La Figura 15 muestra cómo se determinó el caudal existente en el puente de ajuste de cono, donde se estimó llenando un recipiente de volumen conocido el tiempo que se demora en llenar dicho recipiente. Con esto se obtiene la relación de litros / minutos.

N° Medición	Recipiente	Volumen (l)	Tiempo (min)	Caudal (l/min)
1	Bidón	20	0,15	133,33
2	Bidón	20	0,13	153,85
3	Tambor met.	68	0,47	144,68
Promedio				143,95

Figura 15. Determinación de caudal en el puente.

La Tabla 4 contiene los datos arrojados por la medición de adición de agua, donde además se calculó la razón agua / cemento real para cada número de medición.

Tabla 4. Medición de adición de agua.

Nro de Medición	Hora de Medición	Temperatura (°C)	Reconocimiento Visual de Cono Antes de Ajuste (op. Mixer)	Tiempo de aplic. De Agua (minutos)	Cantidad de Agua Aplicada (litros)	Razón A/C Teórica	Razón A/C Cargada Planta	Razón A/C Modificada con Ajuste
1	11:05	5	2	0,7	100,77	0,740	0,738	0,784
2	11:30	6	0	0,65	93,57	0,740	0,740	0,783
3	12:25	8	0	0,97	139,63	0,740	0,741	0,805
4	12:35	9	0	1,33	191,46	0,740	0,740	0,828
5	12:48	14	0	0,67	96,45	0,740	0,740	0,785
6	13:00	14	0	0,53	76,30	0,740	0,740	0,776
7	14:00	15	2	0,62	89,25	0,740	0,740	0,780
8	14:16	15	0	0,73	105,09	0,740	0,740	0,788

La tabla 5 contiene los datos recopilados en la medición de cambios en la razón A/C a todos los hormigones despachados durante una jornada de trabajo, para con los datos obtenidos calcular la razón agua / cemento real.

Tabla 5. Medición de cambios en la razón A/C

Tipo de Hormigón	Nro de Medición	Hora de Medición	Temperatura (C°)	Reconocimiento Visual de Cono Antes de Ajuste (Op. Mixer)	Tiempo de Aplic. De Agua (Minutos)	Cantidad de Agua Aplicada (litros)	Razón A/C de Diseño	Razón A/C Cargada por la Planta	Razón A/C Modificada con Ajuste
HN 10(10) 40/5	1	8:44	13	0	0,90	129,555	1,115	1,116	1,220
HN 20(10) 40/6	2	9:10	13	0	0,77	110,842	0,903	0,904	0,982
HB 35 (10) 40/10	3	9:30	13	0	1,02	146,829	0,585	0,584	0,642
HN 15 (10) 20/8	4	9:40	14	0	1,17	168,422	0,924	0,924	1,033
HN 10(10) 40/5	5	10:00	14	0	1,27	182,817	1,115	1,141	1,259
HB 35 (10) 40/10	6	10:10	14	0	0,70	100,765	0,585	0,599	0,625
HB 35 (10) 40/10	7	10:28	14	0	0,63	90,689	0,585	0,601	0,623
HN 10(10) 40/5	8	10:55	14	0	0,35	50,383	1,115	1,148	1,175
HB 35 (10) 40/10	9	11:25	14	0	0,80	115,160	0,585	0,599	0,630
HB 35 (10) 40/10	10	11:35	15	0	0,22	31,669	0,585	0,629	0,642
HB 35 (10) 40/10	11	12:03	15	0	0,55	79,173	0,585	0,630	0,662
HB 35 (10) 40/10	12	12:24	15	0	0,45	64,778	0,585	0,628	0,654
HN 25(10) 40/8	13	12:41	18	0	0,67	96,447	0,740	0,742	0,826
HB 35 (10) 40/10	14	12:55	18	3	0,13	18,714	0,585	0,629	0,637
HN 20(10) 40/6	15	13:10	21	4	0,07	10,077	0,903	0,953	0,960
HB 35 (10) 40/10	16	13:30	21	0	1,38	198,651	0,585	0,631	0,710
HN 30(10) 40/6	17	13:55	22	2	0,63	90,689	0,763	0,724	0,786
HB 35 (10) 40/10	18	14:10	22	0	1,37	197,212	0,585	0,556	0,634
HB 35 (10) 40/10	19	14:35	22	0	0,63	90,689	0,585	0,556	0,592
HN 20(10) 40/6	20	15:05	22	5	0,13	18,714	0,903	0,929	0,942
HB 35 (10) 40/10	21	15:20	24	4	0,17	24,472	0,585	0,629	0,639
HN 30(10) 40/6	22	15:30	24	5	0,03	4,319	0,763	0,783	0,785
HB 35 (10) 40/10	23	16:10	24	0	0,45	64,778	0,585	0,629	0,655
HB 35 (10) 40/10	24	16:32	24	2	0,10	14,395	0,585	0,630	0,637
HB 35 (10) 40/10	25	17:18	24	2	0,22	31,669	0,585	0,630	0,642
HB 35 (10) 40/10	26	17:45	27	0	0,23	33,109	0,585	0,591	0,613

➤ **Anexo D: Calculo de la relación agua / cemento real**

Para determinar la relación agua / cemento real, obtenemos datos de la carga directa del print de carga que se emite en caseta de control de planta, la Figura 16 muestra un print de carga tipo donde en colores se destacan los datos que se ocupan para el cálculo, explicados a continuación de la misma.

También es importante destacar que en este print de carga aparece, marcado en color amarillo, el ajuste de cono necesario para el hormigón (Ajust Water: 0,0), que se pudo constatar que en todos los hormigones medidos a lo largo de la investigación nunca este número vario de 0,0.

Truck	Driver	User	Disp Ticket Num	Ticket ID	Time	Date
0243	35011	J_FLORES	7849174	7849174	14:01	10/10/14
Load Size	Mix Code	Returned	Qty	Mix Age	Seq	Load ID
7,50 m3	10011614				D	28501
Mix Description: HN 25 (10) 40/ 8						
Material Description	Design Qty	Required	Batched	% Var	% Moisture	Actual Water
1003450E GRAVA GEOROGU	543 kg	4113 kg	4105 kg	-0,20%	1,00% M	41 L
1003529E ARENA FINA R4 - RAUCO	222 kg	1772 kg	1760 kg	-0,67%	6,42% M	106 L
1003450E ARENA GEOROGU	806 kg	6414 kg	6405 kg	-0,14%	6,10% M	368 L
1003453C GRAVILLA GEOROGU	407 kg	3089 kg	3080 kg	-0,30%	1,20% M	37 L
1000040E CEMENTO POLPAICO 400	258 kg	1935 kg	1934 kg	-0,05%		
9010329C AGUA POTABLE	191 L	880 L	879 L	-0,06%		879 L
1003383E ADITIVO BASE POLYHEED	1375 ml	10313 ml	10290 ml	-0,22%		
Actual Num Batches: 4 Manual 14:01:46						
Load Total: 18173 kg	Design W/C: 0,740	Water/Cement: 0,740 A	Design Water: 1432,5 L			
Slump: 75,00 mm	Actual water: 430,6 L					
To Add: 1,9 L	Adjust Water: 0,0	L / Load	Trim Water: 0,0	L / m3		
Load Completed Load Time: 8 : 18 ---Tares-----						
AGG SCALE B: 1 ST: 0 kg	ET: 0 kg	CEM SCALE B: 1 ST: 4				
CEM SCALE B: 2 ST: 0 kg	ET: 3 kg	AGG SCALE B: 3 ST: 0				
AGG SCALE B: 4 ST: 0 kg	ET: 0 kg	CEM SCALE B: 4 ST: 1				

Figura 16. Print de carga.

Para el cálculo de la razón agua / cemento como el nombre lo dice solo se debe realizar una división del agua, en litros, partido por el cemento, en kilogramos. Por defecto el print entrega la razón A/C de diseño marcado en color verde y que dice “*Desing W/C: 0,740*” calculada con el agua de diseño marcada de color verde “*Desing Water: 1432,5 L*”, dividido por la cantidad de cemento requerida para el hormigón “*1935 kg*”.

También el print entrega la razón agua cemento cargada por la planta mecánicamente, marcada de color rojo “*Water/Cement: 0,740 A*”, donde la suma de las cantidades de agua aportada por los constituyente del hormigón y la que inyecta directamente, marcadas de color rojo “*Actual Water*”, dividido por la cantidad de cemento real cargada, marcada con rojo “*1934 kg*”, dan como resultado esta razón.

Para determinar el agua / cemento real, se ocupan los mismos datos que para la obtención de la razón agua / cemento cargada por la planta, pero con la diferencia que también se incorpora en la suma de la cantidad agua, la que se adiciona en el puente de ajuste de cono medida.

➤ **Anexo E: Tablas de resultados de muestras de resistencia a la compresión de los hormigones**

La Tabla 6 y 7 contienen los resultados de seguimientos realizados a despachos de hormigón, que fueron muestreados por laboratorio y donde se obtuvieron las resistencias indicadas.

Tabla 6. Registro de la cantidad de agua adicionada

Tipo de Hormigón	Nro de Medición	Hora de Medición	Temperatura (C°)	Reconocimiento Visual de Cono Antes de Ajuste (Op. Mixer)	Tiempo de Aplic. De Agua (Minutos)	Cantidad de Agua Aplicada (litros)
HB 25(10) 40/8	Muestra 1	8:44	12	0	0,97	139,6315
HB 25(10) 40/8	Muestra 2	10:09	13	2	0,48	69,096
HB 25(10) 40/8	Muestra 3	9:30	10	0	1,32	190,014
HB 25(10) 40/8	Muestra 4	0:00	0	0	0,00	0,000
HB 25(10) 40/8	Muestra 5	0:00	0	0	0,00	0,000

Tabla 7. Registro de las resistencias obtenidas

Nro de Medición	Razón A/C de Diseño	Razón A/C Cargada por la Planta	Razón A/C Modificada con Ajuste	Resistencia 28 días (Kgf/cm ²)		Promedio Resistencias (Kgf/cm ²)
Muestra 1	0,726	0,727	0,798	304	316	310,0
Muestra 2	0,726	0,728	0,763	337	338	337,5
Muestra 3	0,726	0,727	0,823	298	302	300,0
Muestra 4	0,726	0	0,000	0	0	0
Muestra 5	0,726	0	0,000	0	0	0

➤ **Anexo F: Instructivo Trabajo para el Puente de Ajuste de Cono**

El ajuste de cono es la acción de adicionar agua al hormigón que se encuentra en la betonera del camión mixer para obtener el cono deseado. El operador de planta es el responsable de entregar el cono solicitado en la guía de despacho según las tolerancias internas definidas por la empresa y que no sobrepasen lo dispuesto en la NCh 170 Of. 85.

La propuesta de trabajo para el proceso que se realiza en el puente de ajuste de cono, tiene por objetivo regular los siguientes puntos:

- Regular la participación de los operarios involucrados en el proceso.
- Definir los pasos que deben seguir los participantes en el proceso.
- Implementar tecnología que apoye el proceso.
- Medir y registrar la adición de agua, en litros.
- Registrar la razón agua /cemento real del hormigón.
- Disminuir la variabilidad de las resistencias de los hormigones

Para eso propone un instructivo de trabajo en un formato carta doble cara plastificado, que deberá ser proporcionado a cada operario que aparece mencionado. Este instructivo contiene en sus caras lo siguiente:

- Cara Principal: nombre del instructivo y datos propios de la empresa, pasos sucesivos generales para cada operario participante en el instructivo, imágenes de la tecnología de apoyo, tablas de apoyo.
- Cara Posterior: detalle de cada paso a seguir para cada uno de operarios participantes del proceso, detalle de la tecnología a implementar.

La implementación de tecnología para este instructivo se explica a continuación:

- Para homogenizar el proceso se instalara un cronometro de trabajo sobre el puente de ajuste de cono, con motivo de determinar un tiempo mínimo de trabajo sobre el puente que garantice un amasado del hormigón mínimo a máxima R.P.M., una primera visualización de cono al

interior de la betonera en un mismo tiempo determinado para todos los hormigones.

- La instalación de caudalímetros en las válvulas de inyección que permitan estimar el aporte agua, en litros, que se adiciona al hormigón. Esto independiente si la presión disminuye o aumente en el puente de ajuste cono.
- La comunicación es fundamental para llevar a cabo la implementación del proceso, es por eso que se debe instalar una caseta para intemperie con un radio comunicador en puente de ajuste de cono, para la información de la visualización del cono y la cantidad de agua adicionada real por el operador mixer, informar la cantidad máxima de adición de agua para el tipo de hormigón indicado por parte del operador de planta.

Para la puesta en marcha de este Instructivo de Trabajo se contempla una marcha blanca en el periodo de un mes, con el fin de evaluar a través de los registros de adición los cambios en razón agua / cemento y los resultados de los muestreos realizados a hormigones durante el mes, además de la información entregada por los operarios participantes. Con esto se puede hacer una evaluación para determinar en una primera instancia si es efectivo y eficiente el sistema implementado, y en una segunda instancia proporcionar mejoras o ajustes a los rangos de adición dispuestos en la tabla de adición.

➤ **Anexo F. Tabla de adición de agua – Registro de adición de agua**

Para entregar y registrar la información, se considera una tabla de adición de agua y un registro de la cantidad de adición, estas deben contener lo siguiente:

Tabla de Adición de Agua: esta tabla debe contiene la cantidad máxima a adicionar de agua en el puente de ajuste de cono de acuerdo a si existe visualización de cono al interior de la betonera. En los resultados se pudo constatar que existe una disminución del aporte de agua cuando la visualización

de al interior de la betonera presenta ya un grado de cono superior a 2 cm, por lo cual en la tabla se especifica la adición de agua para visualización con cono 0 y para cono superior a 2cm.

La Figura 17 se muestra la parte del encabezado de la tabla de adición que corresponde a los datos del hormigón que lo van clasificando y acotando para poder disminuir de forma óptima la amplitud de la tabla de adición.

Datos del Hormigón (Entregados por la Planta)					
Tamaño Máximo del Árido	Designación del Hormigón	Rango de Resistencias	Rango de Cono	Razón A/C Menor	Agua Diseño 1m ³ (litros)

Figura 17. Tabla de adición – datos del hormigón

Por otra parte en la tabla se presenta una parte de datos que corresponden a los se recogen desde terreno y se propone realizar una adición separada por dos partes, dependiendo de la visualización de cono que realiza el operador mixer antes de adicionar agua al interior de la betonera. La figura 18 muestra esto en concreto.

Datos de Investigación			
% Máximo de Adición con Cono = 0	Cantidad Max. de Adición 7,5 m ³ (litros)	% Máximo de Adición con Cono mayor a 2	Cantidad Max. de Adición 7,5m ³ (litros)

Figura 18. Tabla de adición – datos de la investigación

Lo importante de esta tabla es que permite ir bajando los porcentajes de adición máxima de agua de acuerdo al aporte de datos que demuestren, a través de un registro y con resultados de muestras de resistencia, estos parámetros pueden disminuir para un mejor resultado.

Registro de Adición de Agua: en la caseta de control de planta debe existir un registro de la cantidad de agua que se adiciona a cada hormigón para calcular

la razón agua / cemento real, en una primera etapa este registro se puede llevar en un libro de forma manual pero luego deberá ser ingresado y registrado en el Print de carga para cada tipo de hormigón. Los datos que este debe contener como mínimo se muestran en la Tabla 6.

Tabla 8. Registro de adición de agua.

Registro de Adición de Agua					
Fecha		Revisión		Hora	
N° Despacho	Tipo de Hormigón	Visualización Cono 0	Cantidad de Adición (litros)	Visualización Cono Mayor a 2	Cantidad de Adición (litros)

Este registro sólo debería ser usado en etapas de puesta en marcha, luego la recomendación es llevar de forma computacional estos datos, para disminuir el tiempo de trabajo de entre realizarlo de forma manual a digitar en computador estos datos.

➤ **Anexo G: Validación.**

A continuación se muestra la Figura 15 que contiene las preguntas realizadas para validar el instructivo de trabajo.

Validacion Instructivo de trabajo "Ajuste de Cono"	
1.- ¿Cree Ud. que el instructivo de trabajo para el puente de ajuste de cono, apoyado con la tabla de adición de agua y el registro de adición, mejora el trabajo que se realiza en la actualidad?	
SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
2.- ¿Cree Ud. Que los pasos descritos en este instructivo, para cada operador en particular, tiene una continuidad adecuada para realizar el proceso?	
SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
3.- ¿Piensa que la tecnología de apoyo para implementar el instructivo de trabajo, responde eficazmente al proceso de ajuste de cono?	
SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
4.- ¿Qué piensa de llevar un registro de adición de agua, que controle y aporte a mejorar sistemáticamente el proceso, es un complemento eficiente para el implementar el instructivo?	
SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
5.- De la tabla de adición ¿cree Ud. que está es de fácil manejo por parte del Operador de Planta y contiene lo necesario para regular la adición de agua?	
SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
6.- hablando en terminos generales ¿Ud. Cree que regulara el proceso de ajuste de cono y mantendra controlada la adición de agua?	
SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Nombre: Sergio Zapata Becerra Empresa: Pétreos S.A. Cargo: Jefe de Planta Curicó Fecha: 21-11-2014	

Figura 19. Validación modelo

Registro del audio del comentario general sobre el instructivo presentado, por parte del jefe de planta Pétreos Curicó:

“En términos generales las tres oportunidades más importantes que se aprecian en este tema son:

- Asegurar la calidad del producto*
- Optimizar los recursos, materias primas, en especial el cemento*
- Profesionalizar al personal en el trabajo realizado*

Si bien existe un costo en la implementación de las tecnologías se justifica con las oportunidades descritas, me parece una buena iniciativa.”