




# Influence Of The Additive ASTM - C494 Type C On The Compression Resistance At Early Ages Of a Conventional Concrete F'c 210 Kg/cm<sup>2</sup>, Trujillo 2021

Lizbeth Noemi Vera Salinas<sup>1</sup>, Mary Carmen Zavaleta Rubio<sup>2</sup>, Alberto Vásquez Díaz<sup>3</sup>

<sup>1,1</sup> Universidad Privada del Norte, Perú, N00159130@upn.pe, <sup>2,1</sup> Universidad Privada del Norte, Perú, N00164258@upn.pe,

<sup>3,1</sup> Universidad Privada del Norte, Perú, ruben.vasquez@upn.

**Abstract**– In this study, the influence of the additive ASTM - C494 type C on the compressive strength at early ages of a conventional concrete f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> was determined. To do this, the temperatures are measured in the concrete placed in a lightened slab using additive and specimens cured in the same work under normal conditions without additive and with additive, from the first hours of hydration up to 10 days, with maturity sensors. Likewise, prior to this, the calibration curve was elaborated in the laboratory using the Nurse-Saul expression with two samples; the pattern, and the other one with the accelerator additive.

The investigation showed that the influence of the additive ASTM - C494 type C, allowed to obtain a resistance greater than 70% at 24 hours with 181.43 kg/cm<sup>2</sup>, compared to the conventional sample that was 86.24 kg/cm<sup>2</sup>. However, all the findings found indicated that the influence of additive ASTM - C494 type C, and the use of the maturity method would improve the terms and costs in concrete constructions.

**Keywords**- Compressive Strength, Accelerator Additive, Maturity, Conventional Concrete.

**Resumen**– En este estudio se determinó la influencia del aditivo ASTM – C494 tipo C sobre la resistencia a la compresión a edades tempranas de un concreto convencional f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>. Para ello, se miden las temperaturas en el concreto colocado en una losa aligerada utilizando aditivo y probetas curadas en la misma obra en condiciones normales sin aditivo y con aditivo, desde las primeras horas de hidratación, hasta los 10 días, con sensores de madurez. Asimismo, previo a ello se elaboró la curva de calibración en el laboratorio utilizando la expresión de Nurse-Saul con dos muestras; la patrón, y la otra con el aditivo acelerante.

La investigación demostró que la influencia del aditivo ASTM – C494 tipo C, permitió obtener una resistencia superior al 70% a las 24 horas con 181.43 kg/cm<sup>2</sup>, a comparación de la muestra convencional que fue de 86.24 kg/cm<sup>2</sup>. No obstante, todos los hallazgos encontrados indicaron que la influencia del aditivo ASTM - C494 tipo C, y el uso del método de madurez mejoraría los plazos y costos en las construcciones de concreto.

**PALABRAS CLAVES**- Resistencia a la Compresión, Aditivo Acelerante, Madurez, Concreto Convencional.

## I. INTRODUCCIÓN

Conforme van pasando los años la construcción a nivel mundial ha ido evolucionando, y junto a ello, también, la tecnología en los materiales, con el único propósito de ser utilizados en las grandes obras de ingeniería como puentes, edificios, represas, etc. Además, la construcción en nuestro país juega un papel muy importante porque el mayor porcentaje de nuestra economía depende de este. Por estas razones, los temas relacionados con mejorar plazos, tiempos y costos en mencionado sector son muy importantes. [1].

El control de calidad del concreto es primordial en toda obra de infraestructura, es así pues, que con el método tradicional se inicia con la medida del asentamiento, mediante el cono de Abrams según la norma ASTM C143 [2], lo cual determina la consistencia o fluidez del concreto; luego se extrae muestras representativas de la mezcla in situ previo al vaciado, en donde los elementos estructurales son curados de forma desigual a los especímenes, que por su parte es bajo la norma ACI 308 [3], por el método de inmersión y dispone de la edad recomendada, se realiza la resistencia a la compresión, de acuerdo, a la norma ASTM C39 [4]. El método de madurez estima la resistencia del concreto in situ, y se basa en el control de temperatura, edad y aumento de resistencia en condiciones reales.

En Chile para la obtención del grado de madurez del concreto in situ, se miden las temperaturas en las bases del hormigón de una estructura, desde las primeras horas de la hidratación, hasta los 28 días. Simultáneamente se realizan ensayos de resistencia a la compresión estableciendo la relación con las temperaturas, con las expresiones de Nurse-Saul y Arrhenius y los resultados permiten determinar la curva de madurez del hormigón estudiado y establecer el grado de madurez en cada una de las partes diferenciadas de la estructura. [5].

En Perú, para optimizar el tiempo de corte del acero de viguetas de concreto prefabricadas y pretensadas se aplicó el método de madurez. Para ello, se analizaron probetas de

concreto lo cual se consiguió la resistencia mínima requerida por las viguetas de concreto a las 19 horas, optimizando así un total de 29 horas en el tiempo de corte de las viguetas de concreto. Por otro lado, se realizó un análisis de costos lo cual se obtuvo como resultado, que aplicar el método de madurez resulta S/200.00 nuevos soles menor que el proceso estándar de ensayo de probetas a compresión [6].

Un concreto de calidad en obra permite tener una estructura sismorresistente, el cual asegura el bienestar de sus habitantes. Es por ello, que después de haberse realizado diferentes estudios, se han desarrollado normas que permiten obtener las características de cómo se encuentran los elementos estructurales en su estado natural, para luego plantear soluciones y contrarrestar posibles daños que se pueden llegar a ocasionar. El concreto es uno de los materiales principales de toda construcción, debido al comportamiento efectivo de sus propiedades físicas y químicas, es por ello que su control de calidad debe ser realizado de manera óptima, tanto en el laboratorio como en la obra en ejecución.

En el Perú, la mayoría de obras de alto valor económico y que más se ejecutan, son: colegios, hospitales y universidades; en donde, algunas son de sistema constructivo apertado; lo cual, indican de manera directa la utilización del concreto; por lo tanto, las empresas privadas realizan su control de calidad, que es algo obligatorio para la sustentación a la entidad contratante; es por ello, que recurren a las normas técnicas del concreto para sacar el asentamiento, realización del vaciado y finalmente el curado, pero las condiciones en que se curan los elementos estructurales de concreto en obra, no son los mismos comparado a los especímenes extraídos de cada mezcla y curados bajo condiciones ambientales óptimas, pudiendo tener un margen de error entre la resistencia obtenida en obra y la resistencia obtenida de los especímenes ensayados bajo la prensa hidráulica.

Por otro lado, el tener que desencofrar un elemento estructural como es el caso de las losas a los 14 o 21 días que es cuando el concreto alcanza más del 50% de su resistencia máxima o dependiendo de la luz que se tenga, marca un gran atraso en obra, lo que conlleva a no utilizar de manera eficiente los recursos existentes y que podría evitar ahorros de alto valor económico para la empresa ejecutora.

En la actualidad los aditivos se utilizan en una mayor escala, con el objetivo de resolver problemas en obra debido a las condiciones ambientales que se presenten, como en el caso de climas fríos, en donde la fase de endurecimiento se desacelera, o en climas cálidos, que el endurecimiento del concreto es en poco tiempo; por otro lado, su empleo es muy práctico ya que la dosis está en relación a un pequeño porcentaje del peso del cemento.

Los aditivos acelerantes están representados por el tipo C, normados por el ASTM – C494, [7]; este aditivo, mejora las

propiedades físicas del concreto modificando la tasa de hidratación del cemento para disminuir el tiempo de fraguado, y así poder incrementar las resistencias tempranas del concreto, que en consecuencia disminuye los agrietamientos en los vaciados evitando resanes, y pérdidas de resistencia en los elementos estructurales.

El concreto se conforma por cuatro componentes; como cemento de 7 a 15%, aire de 1 a 3 %, agregados de 60 a 75% y agua de 15 a 22%. Cada uno de estos componentes tienen un rol de suma importancia en cuanto a su comportamiento que tiene el concreto en sus diferentes estados, quienes aportan diversas características para su debida resistencia. [8].

Respecto al cemento tipo I utilizado, es de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. Este producto permite obtener resistencias iniciales y menor tiempo de fraguado. [9].

CHEMA 3 es un aditivo acelerante de fragua para elementos como mortero; además de ello, permite desencofrar en menor tiempo estructuras de concreto armado. [10].

Asimismo, para encontrar el índice de madurez, en °C-horas ó °C-días se utilizó la función de Nurse-Saúl, obtenidos del producto acumulado de la temperatura y el tiempo.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El tamaño de muestra fue respecto a la NTP 339.217; por lo tanto, se realizó 15 probetas de concreto ensayados para determinar el  $f'c$  a diferentes edades 1,3,5,7 y 10 días y 2 probetas para determinar el historial de temperatura en laboratorio; además, en obra se utilizó una losa aligerada para aplicar el método de madurez y se adquirió 19 probetas para ser curadas bajo la norma ACI 308; 1 para registro de temperatura, 3 para la resistencia a la compresión con prensa hidráulica con aditivo y 15 probetas para la resistencia a la compresión con prensa hidráulica sin aditivo ensayados a diferentes edades. Con ello, se determinó la influencia del aditivo ASTM - C494 TIPO C en la resistencia a la compresión a edades tempranas de un concreto convencional  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, Trujillo 2021.

Los materiales utilizados fueron los siguientes: agregado grueso, fino y agua de la obra “Rehabilitación del local escolar San Gabriel de la localidad de Cascas, distrito de Cascas, provincia de Gran Chimú – La Libertad”, cemento tipo I, aditivo, probetas de 10 x 20 cm, sensores de madurez, prensa hidráulica, trompo de 13HP, cono de Abrams, termómetro de concreto fresco, balde para peso unitario de concreto y útiles de Oficina.

Para el desarrollo se inició aplicando el método de madurez, encontrando la curva de calibración; de modo que,

se extrajo una muestra representativa del material que estaban utilizando en la obra; que, de acuerdo al diseño de mezcla, la empresa ejecutora obtuvo su agregado de la cantera “La Soledad”.

Luego, se procedió a realizar las muestras para la curva de calibración con las cantidades por tanda y, se siguió la NTP 339.217, que indica realizar 17 probetas cilíndricas, 2 para sensores de madurez, 10 para la obtención del  $f'c$  por edades 1,3,5,7, 10 días y 5 probetas más para la rotura, en caso haya una variación de más del 10% entre dos resultados de las 10 probetas ensayadas entre las edades ya mencionadas anteriormente. Para la elaboración de las probetas se siguió la norma ASTM C31.

Con los datos correspondientes de todas las roturas, de acuerdo a las edades especificadas, se organizó en una hoja de Excel, colocando las edades, codificación de probeta por edades, el diámetro de probetas, área, la fuerza axial y con ello calculamos la resistencia a la compresión ( $f'c$ ). De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio se procedió a realizar la curva de resistencia vs edad como se observa en la Fig. 1.

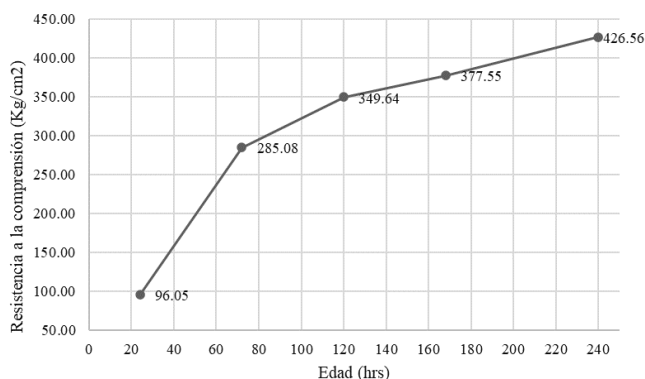


Fig. 1:  $f'c$  vs edad

Después, se colocó en dos probetas los sensores; que tenían como función monitorear y registrar la temperatura del concreto como una función de tiempo, para luego extraer esa información mediante otro dispositivo móvil por una aplicación llamada Engbird.

El sensor, se conecta con la aplicación de Engbird instalado en Android o IOS mediante bluetooth; una vez conectado el bluetooth se agrega el sensor que ya está embebido en el concreto, se elige el escenario de uso y se abre su interfaz indicando los datos que está tomando en ese momento; ahí mismo, se puede colocar la opción para verificar el historial desde el primer momento en que se empezó con la lectura para su posterior exportación. Este procedimiento se debe realizar rápido o en simultaneo, debido a que los dos sensores deben empezar en el mismo momento con la lectura de datos. Un teléfono móvil, puede conectarse a

varios sensores al mismo tiempo brindando la calidad y eficiencia del producto con los datos que se desea obtener.

Para la colocación de los adaptadores se siguió la NTP 339.217; lo cual, indica que se debe ingresar  $\pm 15$  mm de los centros de al menos 2 probetas, luego inmediatamente conectar a los sensores que registran la temperatura. A las 18 horas, se pusieron las muestras a curar bajo la norma, ACI 308, por el método de inmersión en una piscina y siguiendo las disposiciones para temperatura, en donde, el agua no debe ser más fría que  $10^{\circ}C$ .

Con los datos obtenidos se graficó como se observa en la Fig. 2 la madurez encontrada a partir de la formula de nurse – saul vs la edad. Además, se pudo inferir que a partir de las 20 horas ya se tenía una madurez de  $524.76^{\circ}C - hrs$  superando la estimada y a los 10 días podía llegar a  $5142^{\circ}C - hrs$  siendo apto para llegar a una resistencia superior a  $210 kg/cm2$ .

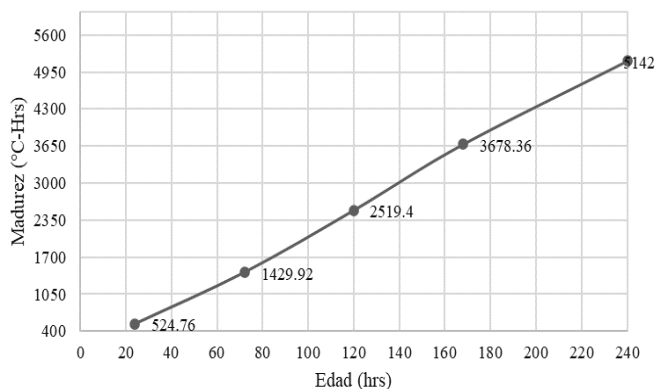


Fig. 2: Madurez vs edad

Finalmente, con los datos obtenidos de la correlación de las gráficas se realizó la curva de calibración referente a madurez vs resistencia.

Con la curva de calibración, aplicamos el método de madurez en una losa aligerada de la obra; de manera, que colocamos el adaptador embebido en el acero para registrar las temperaturas, luego calcular la madurez del concreto que está representada y posteriormente encontrar la resistencia del concreto.

Cuando llegó el vaciado de la losa aligerada hasta el sensor se procedió a configurar la aplicación para que empiece a tomar lectura de la temperatura, con un intervalo de tiempo de 10min; de la misma forma, se realizó con el sensor colocado en la probeta que fue extraída junto a dieciocho muestras más de la mezcla de la losa aligerada; lo cual, luego fueron curadas bajo la norma ACI 308 por el método de inmersión.

Con los datos obtenidos de las temperaturas en la losa aligerada y probeta se procedió a calcular el esfuerzo a la compresión del concreto en diferentes edades con la curva de calibración obtenida en laboratorio.

También, se elaboraron 15 probetas sin aditivo de la mezcla de la losa aligerada y se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión en las edades de 1, 3, 5, 7 y 10 días para poder comparar con los resultados de las probetas con aditivo y determinar la influencia del aditivo.

La primera programación que se realizó fue referente a las partidas, vaciado de losas aligeradas y columnas que su duración se obtuvo de la programación elaborado por la empresa Constructora de Ingeniería Perú SAC del expediente técnico del proyecto de la I.E. San Gabriel. En las duraciones de las partidas ya mencionadas de esta programación no influye el aditivo acelerante.

En la siguiente programación se presentan las partidas del vaciado de losas aligeradas y columnas utilizando los resultados obtenidos a partir de la aplicación del método de madurez y el aditivo acelerante. Para esta programación, se modificó las duraciones referentes a los desencofrados de losas aligeradas influenciados por el aditivo acelerante.

Para el análisis de costos se tomó en cuenta dos situaciones; la primera, implementar el uso del método de madurez en la empresa constructora y la segunda continuar utilizando el método tradicional que es la rotura de probetas en laboratorio por cada elemento estructural de la obra construida. También, se analizó como influye el aditivo acelerante en una valorización para losas aligeradas, teniendo como análisis el costo de las losas aligeradas del módulo 1 de la obra.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 3 se presenta la curva de calibración encontrada en laboratorio, que corresponde a la correlación de datos entre la madurez y la resistencia a la compresión del concreto, y se expresa mediante la forma  $f'c = a + b \cdot \log(M)$  logrando obtener así, la siguiente curva  $f'c = 141.56 \ln(x) - 772.15$ .

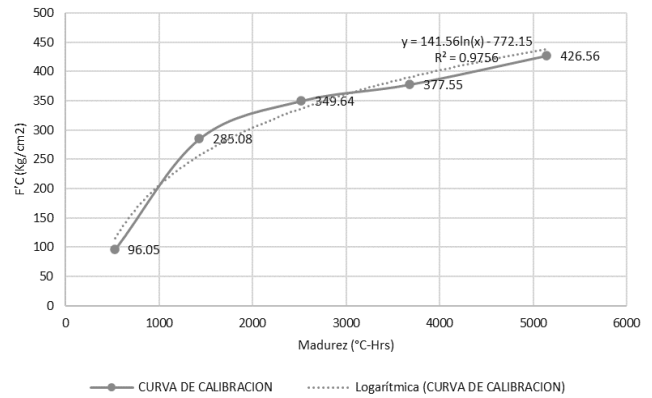


Fig. 3: Curva de calibración

En la Fig. 4 y 5 se observa la programación, lo cual se ha considerado un módulo de 2 niveles y se ha realizado a partir de los rendimientos y la programación de obra considerando la losa aligerada del primer nivel, luego vaciado de columnas y finalmente el vaciado de losa aligerada del segundo nivel, obteniendo así un tiempo estimado para elaborar todos esos trabajos de 41.2 días, lo que genera, no incluir en la valoración mensual en la especialidad de estructuras el vaciado de concreto y la colocación de acero de la ultima losa aligerada. Por otro lado, en procesos constructivos de colegios o de edificaciones las partidas tienen una secuencia, lo que obliga esperar el término de algunas partidas para empezar con otras, ocasionando retrasos u obtención de bajas utilidades mensuales por parte de la empresa.

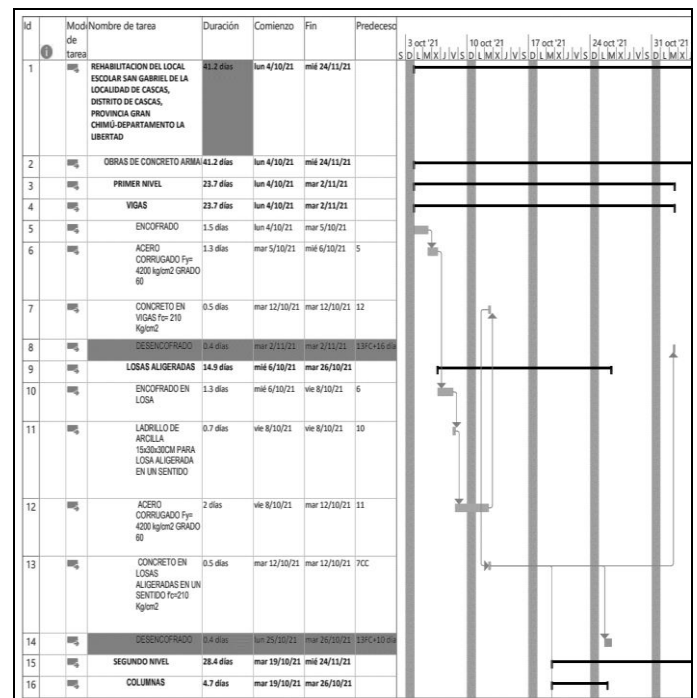


Fig. 4: Programación original de obra – 1 parte

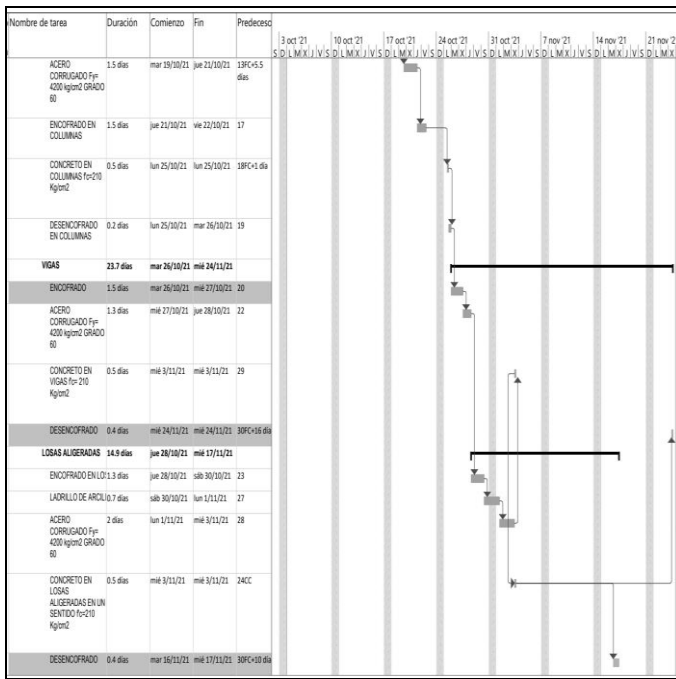


Fig. 5: Programación original de obra – 2 parte

En la Fig 6 y 7, se encuentra la programación utilizando el aditivo acelerante, teniendo en cuenta los mismos rendimientos que en la programación de obra lo que permitió disminuir de 41.2 días a 18.77 días, generando así, no solo valorizar 2 losas aligeradas con columnas, si no también más partidas que sean consecutivas a las presentadas.

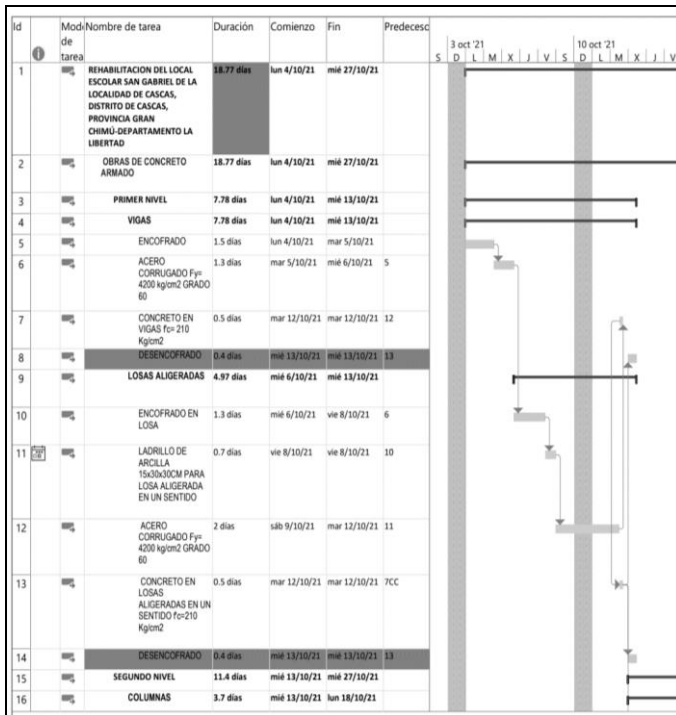


Fig. 6: Programación de obra aplicando el aditivo y método de madurez – 1 parte

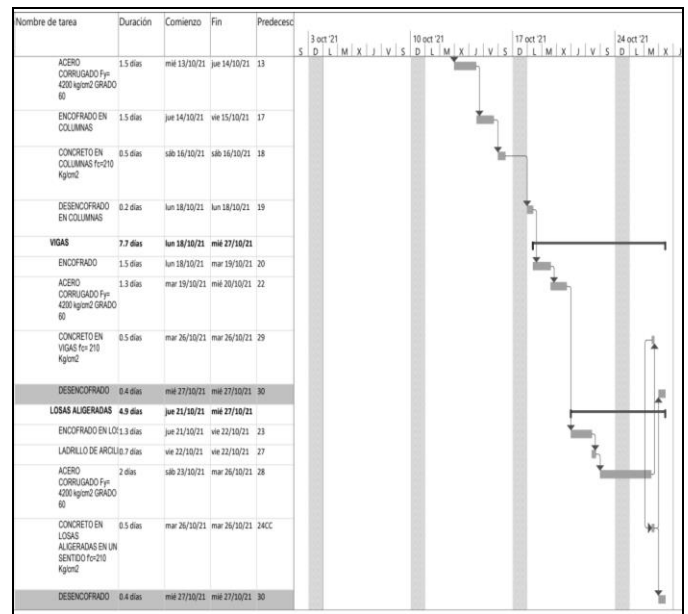


Fig. 7: Programación de obra aplicando el aditivo y método de madurez – 2 parte.

En la tabla I, se encuentra los costos referentes a la implementación del método de madurez en una constructora, dividido en gastos de implementación que corresponde a la compra de sensores de madurez, adaptadores, probetas cilíndricas de 10 x 20 cm y gastos de aplicación en obra como, aditivo acelerante, concreto en probetas, el transporte o flete y la rotura de probetas con prensa hidráulica; en la segunda columna de la tabla se presenta el tipo de unidad métrica por cada material, herramienta o insumo, en la tercera columna las cantidades utilizadas, en la cuarta columna el precio, y en la última columna el costo total por cada material respecto a los precios y la cantidad que se utilice. Con esto se analizó que el costo para la implementación del método de madurez en una constructora es por un valor de \$ 454.94, y los gastos para la aplicación en cualquier obra es de \$ 85.95; si la empresa constructora quisiera implementar y utilizar en su primera obra, el costo total sería equivalente a \$ 540.89.

TABLA I  
COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL ADITIVO TIPO C Y EL MÉTODO DE MADUREZ EN UNA CONSTRUCTORA

Implementación del método de madurez en la constructora				
Implementación:				
Descripción	Und	Cant.	Precio \$	Costo total
Sensores de madurez	und	2	195.34	390.68
Adaptadores	und	2	13.6	27.20
Probetas cilíndricas 10x20	und	17	2.18	37.06
Costo total \$				454.94
Costos de aplicación en obra:				
Descripción	Und	Cant.	Precio \$	Costo total
Aditivo TIPO C	gln	0.0263	8.7	0.23
Concreto en probetas	m <sup>3</sup>	0.0267	103.34	2.76
Transporte	und	2	10.88	21.76
Rotura de probetas con prensa hidráulica	und	15	4.08	61.20
Costo total \$				85.95

Gasto total para la aplicación en la primera obra de una constructora \$	540.89
--	--------

Por otro lado, la tabla II, corresponde a los gastos que se usan actualmente en todo el proceso de la elaboración y rotura de probetas; para este análisis se tomó como base la obra estudiada en esta presente tesis, teniendo, así como referente a un gasto aproximado que se podría desarrollar en otras obras. Este tipo de gastos se ha tomado en cuenta como gastos variables validados por cotizaciones que abarca el costo de concreto en probetas, rotura de probetas y el flete o transporte que se utiliza para cuando se tiene que llevar las probetas de obra a laboratorio; en la segunda columna tenemos las unidades de medida; en la tercera columna las cantidades de cada elemento, en la cuarta columna el precio, y en la última tenemos al costo total. Es así que, para un elemento estructural, se puede llegar a utilizar \$ 103.46 utilizando el método tradicional ya mencionado, pero en una obra de gran envergadura como colegios, hospitales, edificios, etc; el control de calidad del concreto es fundamental, por tal motivo este ensayo y su costo se podría repetir hasta por 50 veces produciendo sobrecostos para la empresa ejecutora.

TABLA II  
COSTOS DEL USO DEL MÉTODO TRADICIONAL (ROTURA DE PROBETAS BAJO LA NORMA C39 Y SIN ADITIVO)

Uso del método tradicional				
Gastos variables:				
Descripción	Und	Cant.	Precio \$	Costo total
Concreto en probetas	m3	0.0141	103.34	1.46
Rotura de probetas con prensa hidráulica	und	9	4.08	36.72
Transporte	und	6	10.88	65.28
Costo total \$				103.46

En la tabla III se presenta la variación de costos en valorización por programación de obra, especialidad estructuras, para el análisis se ha tomado como estudio 3 elementos estructurales que son correlativos en el proceso constructivo en un módulo de la obra estudiada; que comprende a losa aligerada del primer nivel, columnas del segundo nivel y finalmente losa aligerada o techo del segundo nivel. De acuerdo, al proceso constructivo en obra, las losas aligeradas han estado durando más de 15 días desde su encofrado hasta su desencofrado, abarcando aproximadamente más de medio mes, produciendo así, valorizar hasta máximo losa aligerada del primer nivel, columnas y algunas partidas de la losa aligerada del segundo nivel. De acuerdo a la programación el costo del concreto y acero de la segunda losa aligerada pasaría al siguiente mes, valorizando una parte de lo que le corresponde como encofrados, acero de vigas y ladrillo.

En los costos considerados en la valorización sin uso del aditivo y el método de madurez, se está tomando en cuenta la losa aligerada de concreto del primer nivel y las columnas de

concreto del segundo nivel y algunas partidas que le corresponden a la losa aligerada del segundo nivel como encofrados, acero y ladrillo, teniendo así un costo valorizado en un mes de \$ 32,745.77, esto sucede porque se está desencofrando las losas a los 14 días y las vigas a los 21 días.

En los costos considerados en valorización con el uso del aditivo acelerante y del método de madurez, se toma en cuenta el costo total de la losa del segundo nivel, obteniendo así un costo cobrado de \$ 39,508.98. Esto sucede porque al utilizar el aditivo acelerante y con la obtención de la resistencia a la compresión aplicando el método de madurez se puede disminuir tiempos que generan grandes beneficios constructivos y por ende económicos como en este caso, que el contratista pudo valorizar \$ 6,763.2 más en el mismo mes.

TABLA III  
COMPARACIÓN DE COSTOS PARA VALORIZACIÓN DE UNA LOSA ALIGERADA DE CONCRETO ARMADO – ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS

Costos considerados para valorización de obra – especialidad “Estructuras”				
a) Costos considerados en valorización sin uso del aditivo Tipo C y método de madurez				
Descripción	Und	Cant.	Precio	Costo total
Losa aligerada de concreto primer nivel	und	1	16,898.21	16,898.21
Columnas de concreto	und	1	5,728.7	5,728.7
Losa aligerada de concreto segundo nivel:				
Concreto en vigas f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	21.68	00.00	00.00
Encofrado en vigas	m <sup>2</sup>	165.69	20.04	3,320.43
Acero en vigas	kg	1,840.45	1.37	2,521.42
Concreto en losa aligerada f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	15.94	00.00	00.00
Encofrado en losa aligerada	m <sup>2</sup>	182.10	16.49	3,002.83
Acero en losa aligerada	kg	1,514.25	00.00	00.00
Ladrillo en losa aligerada	pza	1,516.89	0.84	1,274.19
Costo total \$				32,745.77
b) Costos considerados en valorización con el uso del aditivo Tipo C y método de madurez.				
Descripción	Und	Cant.	Precio	Costo total
Losa aligerada de concreto primer nivel	und	1	16,898.21	16,898.21
Columnas de concreto	und	1	5,728.70	5,728.70
Losa aligerada de concreto segundo nivel				
Concreto en vigas f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	21.68	127.12	2,755.96
Encofrado en vigas	m <sup>2</sup>	165.69	20.04	3,320.43
Acero en vigas	kg	1,840.45	1.37	2,521.42
Concreto en losa aligerada f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	15.94	121.25	1,932.73
Encofrado en losa aligerada	m <sup>2</sup>	182.1	16.49	3,002.83
Acero en losa aligerada	kg	1,514.25	1.37	2,074.52
Ladrillo en losa aligerada	pza	1,516.89	0.84	1,274.19
Costo total \$				39,508.98

#### IV. CONCLUSIONES

Se determinó la influencia del aditivo ASTM – C494 tipo C en la resistencia a la compresión a edades tempranas de un concreto convencional  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo en la losa aligerada de la obra una resistencia superior al 70% de la resistencia recomendada con aditivo a las 24 horas de 181.43 kg/cm<sup>2</sup>, a comparación de la muestra patrón que los resultados fueron menos del doble 86.24 kg/cm<sup>2</sup>. También, se encontró una gran variación respecto a la resistencia encontrada en las probetas curadas bajo el método de inmersión por la norma ACI 308 llegando a las 24 horas a una resistencia de 120.9 kg/cm<sup>2</sup>.

Se realizó la curva de calibración del método de madurez, con edades de 1, 3, 5, 7 y 10 días, obteniendo la siguiente ecuación  $f_c = 141.56 \ln(x) - 772.15$ .

Se comparó la resistencia a la compresión con el método de madurez y los especímenes curados bajo la norma ACI 308 por el método de inmersión obteniendo así una variación a los 3 días del 14% respecto a la probeta con aditivo, y de 54% con la muestra patrón, obteniendo la resistencia más alta en la losa aligerada de 306.47 kg/cm<sup>2</sup>.

Se comparó la programación de obra con la nueva programación elaborada a partir de la utilización del aditivo y el método de madurez, reduciendo así 22.43 días en el plazo de ejecución de las mismas partidas.

Se determinó la influencia del aditivo mediante el método de madurez en los costos de obra; de manera que, la constructora en la implementación puede gastar \$ 474.94 y los costos de aplicación en la primera obra es de \$ 85.95. Asimismo, se obtuvo los costos del uso del método tradicional por cada elemento estructural que es de \$ 103.46 permitiendo así, que la empresa tenga sobre costos en el control de calidad del concreto con el uso del método tradicional. Por otro lado, se evaluó la valorización de los elementos estructurales tomando en cuenta la programación de obra y las partidas referentes a losa aligerada del primer nivel, columnas y losa aligerada del segundo nivel, obteniendo así \$ 32,745.77, y con la implementación del aditivo y el método de madurez se obtendría \$ 39,508.98.

#### REFERENCIAS

- [1] Jiménez, F. & Iguíñiz, J. (2010). La economía peruana del último medio siglo: ensayos de interpretación. (1ra ed.). Perú: CISEPA.
- [2] ASTM C143. Método de prueba estándar para el asentamiento del hormigón de momento hidráulico.
- [3] ACI 308. Curado del concreto.

- [4] ASTM C39. Método de Ensayo Normalizado para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.
- [5] Sota – Avid – Moreira P. & Chury, M. (diciembre, 2016). Medida de la madurez del hormigón en una estructura. Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción. volumen 6 (3), 216 – 224. Recuperado de: <file:///C:/Users/LIZBETH/Desktop/TRABAJO%20DE%20TESIS%20FINAL%20---%20OKKKK/149-Original%20Article%20Text-356-3-10-20170207.pdf>
- [6] Jiménez, Y. (2015). Aplicación del método de madurez para la optimización de tiempo en el corte de viguetas de concreto prefabricadas y pretensadas. (Tesis para optar el título de ingeniero civil). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima-Perú.
- [7] ASTM C494. Especificación normalizada de aditivos químicos para concreto.
- [8] Pasquel Carbajal, E. (1998). Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. (2<sup>da</sup> ed.). Lima, Peru: Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional.
- [9] Cruzado Ruiz, J. (2018). “Efecto de la Aplicación de Curado Acelerado en la Resistencia a la Compresión de Especímenes de Concreto utilizando el Método de NTP 339.213, año 2015”. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte - UPN.
- [10] CHEMA 3. (2017). Chema, calidad que construye. Aditivos y Productos para la Construcción, Industria y Minería: Chema Perú, 1-2.