



*Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de  
Construcciones. Departamento de Ingeniería Civil*

## **TRABAJO DE DIPLOMA**



**Título: Evaluación de la retracción en hormigones para  
*bungalows*. Series en el tiempo (2013-2015). Impacto  
encogimiento autógeno.**

Diplomante: Irisbet Gómez Corzo

Tutores: Dr. Juan José Dopico Monte de Oca.

MSc. Ing. Rafael Ramírez Díaz.

Santa Clara

2015

"Año 57 de la Revolución"

# *PENSAMIENTO*

*“Nunca ande por el camino trazado, porque él sólo conduce a  
donde ya fueron otro”*

*Alexander Graham Bell*

# *DEDICATORIA*

*A mi familia.*

# AGRADECIMIENTOS

*A la Revolución por permitirnos la superación constante.*

*Agradezco a mi familia por su apoyo incondicional, por su comprensión, por dedicar parte de sus vidas en la formación de la mía, en especial a mi mamá, a mi papá y a la gran madre: mi abuela.*

*A mis compañeros de aula por estar a mi lado estos cinco años, que a pesar de sus trabajos también aportaron su granito de arena en la conformación del mío, principalmente a Gilberto por no tener un no como respuesta a mis problemas, a Lianet por ser una buena amiga y compañera, a Ismaida por hacer parte de mi trabajo aunque no le correspondiera y a Lilibeth por brindarme su ayuda sin esperar nada a cambio. En fin gracias a todos tan solo por estar allí.*

*Gracias a mi tutor por su apoyo en el desarrollo en este trabajo.*

*Gracias al personal del laboratorio de la ECOT Cayo Santa María por acogernos y transferirnos sus conocimientos, especialmente a Artilles por ser un excelente guía y por su amabilidad.*

*Gracias a todos los profesores que contribuyeron a mi formación como ingeniera.*

*Y doy gracias a la vida por permitirme vivir este momento y compartirlo con las personas que quiero.*

## RESUMEN

La presente investigación se enmarca en el estudio y evaluación del cambio de volumen que se produce en el hormigón con que se fabrican los muros de los *bungalows* de Cayo Santa María, perteneciente a la provincia de Villa Clara. El estudio comprende la evaluación de la retracción por secado de especímenes de hormigón a uno y dos años de elaborados, mantenidos en condiciones ambientales similares a las experimentadas por los *bungalows*.

Se evalúa además el efecto en la retracción al variar los componentes de las mezclas empleadas en la conformación de los diferentes especímenes, tales como, el empleo de una adición puzolánica, la utilización de dos aditivos químicos, el empleo de cemento mínimo y la variación de la relación agua/cemento en la dosificación. Se expresan los valores de retracción por secado a las edades de uno y de dos años de elaboradas las mezclas, obteniéndose diferentes resultados a los expresados por estas a los 28 días.

Se arriban a conclusiones que determinan la validez del uso de algunas materias primas que favorecen al material durante el proceso de secado.

## **SUMMARY**

The present investigation delimits itself in the study and evaluation of the change of volume that takes place in the concrete with that the walls of the *bungalows* of Cayo Santa María are manufactured, belonging to the province of Villa Clara. The study comprises the evaluation of the retraction for drying of specimens of concrete to one and two years of elaborated, maintained in similar ambient conditions to the experienced for the *bungalows*.

The effect in retraction is evaluated besides when varying the components of the mixtures used in the conformation of the different specimens, such like, the job of an addition puzolánica, the utilization of two chemical additives, the job of minimal cement and the variation of the relation waters down cement in the dosification. They express to the ages of one and of two years the values of retraction for drying of once the mixtures were elaborated, being obtained different results to the expressed for these at 28 days.

They come near to findings that determine the validity of the use of some raw materials that favor the material in the course of drying.

## TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1. Estado del conocimiento de la retracción en el hormigón. ....	4
1.1 Reseña histórica del hormigón.....	4
1.2 Hormigón hidráulico .....	5
1.3 Materiales componentes del hormigón.....	6
1.4 Propiedades del hormigón .....	8
1.4.1 Hormigón en estado fresco .....	8
1.4.2 Hormigón en estado endurecido.....	12
1.5 Factores influyentes en la retracción .....	16
1.6 Tipos de retracción.....	20
1.6.1 La retracción química .....	20
1.6.2 La retracción plástica.....	21
1.6.3 La retracción autógena.....	22
1.6.4 La retracción por secado .....	22
1.7 Factores influyentes en la retracción por secado.....	24
1.8 Principales medidas de mitigación para minimizar la retracción por secado	32
1.9 Fisuración del hormigón .....	32
1.10 Fisuras provocadas por la retracción.....	35
1.10.1 Fisuración por retracción química .....	35
1.10.2 Fisuración por retracción plástica.....	35
1.10.3 Fisuración por retracción autógena .....	36
1.10.4 Fisuración por retracción por secado .....	36
1.11 Ensayos .....	37

1.12 Caso de estudio ( <i>Bungalows-Cayo Santa María</i> ).....	43
1.13 Conclusiones parciales .....	45
CAPÍTULO 2. Experimentación de la retracción de especímenes de hormigón en lotes producidos en trabajos de investigación del CIDEM en el 2013-2014. ....	46
2.1 Introducción.....	46
2.2 Selección de especímenes de hormigón para la evaluación del fenómeno de la retracción .....	46
2.3 Caracterización de los materiales constituyentes de los especímenes de hormigón (Moreno 2013) .....	49
2.4 Caracterización de los materiales constituyentes de los especímenes de hormigón (Herrera 2014) .....	56
2.5 Método del ensayo de retracción por secado.....	58
2.6 Conclusiones parciales.....	62
CAPÍTULO 3. Análisis de resultados .....	64
3.1 Introducción.....	64
3.2 Comparación entre los resultados de Moreno 2013 con los obtenidos por la autora en el 2015 .....	65
3.3 Comparación entre los resultados de Herrera 2014 con los obtenidos por la autora en el 2015 .....	71
3.4 Conclusiones parciales.....	74
CONCLUSIONES GENERALES.....	75
RECOMENDACIONES .....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS.....	79
Anexo I Mediciones de longitud.....	79

## **INTRODUCCIÓN**

El impetuoso desarrollo de la construcción dominado básicamente por las estructuras de hormigón armado demanda cada día más de una rigurosa preparación técnica para que desde el diseño hasta las etapas finales de construcción sean debidamente aplicadas y cumplidas las distintas normativas y especificaciones que unidas a las modernas tecnologías de punta conlleven al logro de obras seguras, duraderas y estéticas. En ocasiones estos atributos se ven afectados por una de las patologías más significativas que caracterizan las obras de hormigón.

El fenómeno de la retracción del hormigón se ha ganado el puesto de la causa más frecuente de la mayoría de los agrietamientos que aquejan a nuestras estructuras, pues es mundialmente reconocido que la retracción hidráulica del hormigón puede producir fisuración y deformación, las que pueden afectar seriamente la durabilidad, serviceabilidad, capacidad estructural, estética y costos de construcción de una obra. Lo cierto es que si la retracción es la responsable de la mitad de las fisuraciones que se le imputan (Hermida et al.), aún continúa ocupando un lugar de privilegiado interés para los estudiosos y usuarios del material.

Pese a esto resulta paradójico el desconocimiento que existe sobre el propio fenómeno y sus causas. Grandes esfuerzos y adelantos tecnológicos se han llevado a cabo durante los últimos años, tanto para comprender estos cambios dimensionales, como para prevenir su desarrollo. El advenimiento de los hormigones de altas prestaciones con elevadas cuantías de cemento y relación agua/cemento (a/c) bajas, la irrupción de los autocompactantes que aumentan en más de un 50% el volumen de pasta, el uso de concretos con escasa exudación (con humo de sílice o aire) o la difusión de elementos cada vez más delgados ha provocado que la retracción reclame para sí más atención que nunca y su importancia nos es repetida hasta la saciedad por cientos de elementos cuyo monolitismo ha sido interrumpido por una grieta.

Desafortunadamente en Cuba han sido muy poco estudiadas y no existe una base experimental ni normativa acertada que evalúe la deformación del hormigón provocada por la retracción.

El Centro de Investigación y Desarrollo de Estructuras y Materiales (CIDEM) de la Universidad Central Marta Abreu de las Villas a petición de la Asociación Económica Internacional (AEI) UCM- Bouygues Bâtiment International, trabaja en el estudio de las fisuras encontradas en las estructuras tipo *bungalows* de la cayería norte de Villa Clara, el propósito de esta investigación es continuar dichos estudios, donde se pretende evaluar el comportamiento de la retracción en especímenes de hormigón elaborados en el año 2013 y 2014 por Moreno y Herrera respectivamente y someterlos a condiciones de temperatura y humedad relativa similares a las experimentadas por las estructuras reales para registrar su variación volumétrica y determinar la influencia del empleo de diferentes dosificaciones en muestras de hormigón.

Esta problemática contextualiza y avala la presente investigación, que plantea como **problema científico**:

- ¿En qué medida influye la variación de la dosificación de hormigones hidráulicos producidos en la ECOT Cayo Santa María en los valores de retracción inducida por gradiente de humedad relativa en un período de hasta dos años?

### **Hipótesis:**

- Si se evalúa el comportamiento de la retracción en especímenes de hormigón elaborados para *bungalows* Cayo Santa María (CSM) a edades hasta dos años, se puede inferir la influencia de la variación de los constituyentes utilizados en dichas mezclas.

### **Objetivo general:**

- Evaluar el comportamiento de la retracción en especímenes del hormigón empleado en *bungalows* de Cayo Santa María, al variar la dosificación y constituyentes, en un período de hasta dos años.

### **Objetivos específicos:**

- Examinar los antecedentes teóricos que fundamentan el estudio de la retracción del hormigón provocada por variaciones de humedad relativa.
- Realizar ensayos de cambio de volumen a diferentes muestras con iguales características a los hormigones de *bungalows* CSM, para evaluar el efecto moderador de la retracción en especímenes confeccionados en diferentes etapas cronológicas (2013-2014) con dichos hormigones.

**Estructura del trabajo:**

- Portada
- Tabla de contenido
- Resumen: Se argumenta brevemente la esencia del trabajo.
- Introducción: Se exponen criterios fundamentales para adentrarnos en las verdaderas causas del problema que se plantea.
- Capítulo I: Estado del conocimiento sobre el cambio de volumen y su caracterización experimental.
- Capítulo II: En el capítulo se realiza una descripción de los materiales a utilizar en la fabricación del hormigón hidráulico y a los ensayos realizados para la obtención de la deformación.
- Capítulo III: Análisis de los resultados obtenidos, según los estudios experimentales que se realicen.
- Conclusiones: Aspectos más importantes y generales, principales resultados y aportes, etc.
- Recomendaciones: Se tratan aspectos a continuar, completar, validar, perfeccionar, etc.
- Referencias bibliográficas: Se realizará según la Norma Harvard se conformó con el gestor bibliográfico EndNote.X7.

**Novedad Científica:**

Se obtiene la influencia al variar las dosificaciones de hormigón en los años 2013 - 2014 en el comportamiento de la retracción en *bungalows* CSM.

**Campo de aplicación:**

Ciencia de Materiales de la Construcción.

## **CAPÍTULO 1. Estado del conocimiento de la retracción en el hormigón.**

### **1.1 Reseña histórica del hormigón**

La palabra "hormigón" tiene su origen en el parecido a un bizcocho preparado con almendras, harina, leche y huevos. Las almendras estaban enteras y recordaban a los áridos gruesos incluidos en el mortero. Este bizcocho tenía el nombre de "formigó" del cual ha derivado el vocablo hormigón. Es probable que al mismo tiempo que el hombre dominó el fuego también descubrió el concepto de hormigón. Uno puede imaginar al hombre primitivo junto a su fogón, ubicado en una cavidad, en la cual existen piedras calcáreas, yeso y arcilla. La alta temperatura logra carbonatar la piedra, que se transforma en polvo. Luego al caer un poco de llovizna, el polvo y las piedras se convierten en una masa sólidamente unida. Esta mezcla puede ser considerada como un hormigón rudimentario (Civil., 2007a).

Ya en la época del Paleolítico y del Neolítico la técnica de la construcción mejoró y el hombre comenzó a unir piedras por el método llamado de los muros de "mampostería en seco", que consiste en la colocación de piedras en hileras horizontales procurando que su unión sea lo más homogénea posible, conformando muros sin el uso de ningún tipo de conglomerante. El conglomerante que se utilizó con mayor asiduidad durante esta época, fue una mezcla de arcilla apisonada con canto rodado (Nistal et al., 2012).

Durante el Imperio Romano el uso del hormigón como elemento constructivo tanto en grandes como en pequeñas estructuras e infraestructuras alcanzó un grado de tal satisfacción que no se volvió a lograr hasta el siglo XIX. Esto se debió posiblemente a la gran habilidad constructiva de los romanos y a la facilidad de conseguir cerca de Roma arenas volcánicas con propiedades cementicias, con las que preparaban un mortero mezclando dichas arenas con piedras naturales (habitualmente cal y guijarros) (Nistal et al., 2012).

El 21 de octubre de 1824 Joseph Aspdin un constructor de Leeds (Inglaterra), calcinó en un horno una mezcla de tres partes de piedra caliza por una de arcilla, la cual molió y pulverizó y consiguió la patente para producir el primer cemento Pórtland; así llamado porque la coloración del mismo le recordaba al inventor, el color grisáceo de las rocas de Pórtland, lo que constituyó un acontecimiento verdaderamente importante en la historia del hormigón y de los materiales de construcción (Civil., 2007a).

El desarrollo del hormigón propiamente dicho como material de construcción, empezó hacia principios del siglo IX, poco después de la obtención de la patente del "Cemento Pórtland" (1824) y posteriormente se afianzó con la invención del hormigón armado (Hormigón + Acero), que se atribuye al jardinero parisiense Jack Monier, quien, hacia 1861, fabricó un jarrón de mortero de cemento, reforzado con un enrejado de alambre (Civil., 2007a).

Desde mediados del siglo XX hasta la actualidad, la investigación en los diferentes ámbitos de utilización del hormigón armado, especialmente obra civil y arquitectura, ha avanzado a una velocidad realmente espectacular y vertiginosa, de hecho, se han producido importantes descubrimientos en el ámbito de la potenciación de determinadas características del material con la aparición de nuevos aditivos, y también se han conseguido con estos elementos puestas en obra del material en condiciones cada vez más extremas (Nistal et al., 2012).

## **1.2 Hormigón hidráulico**

El hormigón, tal como se conoce hoy día, es un material de construcción constituido básicamente por rocas (áridos), de tamaño máximo limitado, que cumplen ciertas condiciones en cuanto a sus características mecánicas, químicas y granulométricas, unidas entre sí por una pasta aglomerante hidráulica formada por un conglomerante (cemento) y agua. A este material básico y en el momento de su amasado, pueden añadirse otros productos o materiales para mejorar algunas características determinadas (adiciones y aditivos) (Bauersfeld, 2004).

### **1.3 Materiales componentes del hormigón**

#### **❖ Cemento**

Material mineral finamente molido, que después de ser mezclado con agua forma una pasta que fragua y endurece por medio de reacciones y procesos de hidratación y que, después de endurecer, conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua (NC-120, 2014).

El cemento hidráulico más comúnmente usado para hacer hormigón es el cemento Pórtland, que está compuesto principalmente por silicatos de calcio hidráulicos. Los hidratos de silicato de calcio que se forman con la hidratación de este cemento son responsables principales de sus características adherentes y son estables en un medio acuoso. El cemento Portland básicamente es el resultado de la molienda conjunta de clínquer y yeso (Munizaga, 2009).

#### **❖ Áridos**

Los áridos (o agregados) constituyen una parte importante en el hormigón, no sólo en el orden cuantitativo, ya que constituyen generalmente más del 75% del volumen del mismo, sino también en el comportamiento cualitativo. La disminución de la fisuración y de las variaciones volumétricas en general, así como las propias resistencias mecánicas que se logran, se debe en gran medida a la presencia de los áridos en el aglomerado. Debe tenerse en cuenta además, que la durabilidad y resistencia química que caracterizan al hormigón se deben principalmente a la presencia de estos (Betancourt, 2013).

Las principales características de los áridos son: resistencia a la compresión, absorción, granulometría, resistencia a la abrasión, contenido de impurezas orgánicas, partículas planas y alargadas, estabilidad de volumen y las relacionadas con el almacenamiento y transporte (NC-251, 2013).

#### **❖ Aditivos**

Los aditivos son sustancias químicas que añadidas en una proporción menor del 5 % del peso del cemento, modifican las propiedades del hormigón en estado fresco

y/o endurecido para el mejor comportamiento en las condiciones particulares de servicio (NC-228-1, 2005).

Los aditivos mejoran la durabilidad de los hormigones, facilitan su puesta en obra o refuerzan alguna de sus características. También se usan para solucionar situaciones difíciles, tales como hormigonado en lugares cálidos o fríos, problemas de bombeo, desarrollo rápido de resistencias o exigencias de muy baja relación agua/cemento. Estos pueden producirse en forma de líquidos, pastas o polvos (ANFAH).

Los **plastificantes reductores de agua** se utilizan con el fin de aumentar la consistencia. Con ello se mejora la trabajabilidad y se facilita la puesta en obra sin disminuir la resistencia.

Los **aceleradores** reducen el tiempo de fraguado. Son aditivos químicos generalmente líquidos, que permiten acelerar el fraguado y tener resistencias iniciales y finales más altas. La mayor parte de los acelerantes comúnmente usados producen un aumento de la contracción que sufre el concreto al secarse. Con los aditivos acelerantes, se logra la mejora de las características del terminado, disminuyen los agrietamientos y también se emplean para permitir una puesta en servicio más rápida.

Los **retardadores** incrementan los tiempos de fraguado. Con frecuencia, se usan en climas cálidos para disponer de más tiempo para la puesta en obra, disminuir las fisuraciones de origen térmico debidas al calor de hidratación o evitar juntas frías.

Los **hidrófugos** reducen la absorción capilar del hormigón endurecido por ser productos que repelen el agua y obstruyen los capilares.

Los **aireantes** producen micro burbujas dentro del hormigón, lo cual hace que éstos sean más resistentes a los ciclos hielo-deshielo. Estos aditivos también mejoran la plasticidad y disminuyen la segregación.

#### ❖ **Agua**

El agua está presente en el hormigón desde el amasado, fraguado y durante el endurecimiento. Para que se desarrolle la correcta hidratación del cemento, debe

estar en cantidades bien especificadas para cada caso, ya que un exceso de agua que no se necesite para la hidratación, se evapora dejando poros capilares que conectan al hormigón con el ambiente, con su posterior influencia negativa para la durabilidad, y no llegar al agua necesaria implica obtener hormigones secos con dificultades para ser colocados (NC-353, 2004).

#### **1.4 Propiedades del hormigón**

El hormigón presenta dos estados fundamentales desde el punto de vista práctico. El estado fresco o plástico en el que admite ser manipulado para su adaptación a los encofrados previstos, de manera que permita moldearse y el estado endurecido que a medida que pasa el tiempo, se produce la hidratación del cemento y la masa plástica pasa a ser un material sólido con características pétreas en el que ha adquirido una rigidez tal que impide su manipulación sin producir fracturas visibles o no irreversibles. Estos estados son sinónimos de las fases de colocación en obra y de uso (Civil., 2007b).

##### **1.4.1 Hormigón en estado fresco**

Se denomina "hormigón fresco" al hormigón que por estar en estado plástico tiene la facultad de poder moldearse o de darle forma. El hormigón fresco posee una vida que está comprendida entre el momento en que abandona la hormigonera y aquel en que se inicia el fraguado del cemento. Dicha vida es variable dependiendo del tipo de cemento, de la dosificación de agua, de la temperatura, del empleo de aditivos, etc. El hormigón fresco es esencialmente heterogéneo, coexistiendo en él tres fases: la sólida (árido y cemento), la líquida (agua) y la gaseosa (aire ocluido). Cuando el hormigón está endurecido, los áridos que generalmente son los componentes más pesados quedan sujetos por la pasta de cemento, pero cuando el hormigón está fresco estos componentes se encuentran sueltos y por las acciones del transporte y puesta en obra pueden separarse con facilidad dando lugar a problemas de segregación y de exudación (Bauersfeld, 2004).

❖ **Consistencia**

La consistencia es la menor o mayor facilidad que presenta el hormigón fresco a experimentar deformaciones, siendo, por tanto, una propiedad física inherente al propio hormigón (Bauersfeld, 2004).

La forma, granulometría, y tamaño máximo del árido, así como la dosificación de cemento, cantidad de agua de amasado y eventual empleo de aditivos, tienen una influencia muy elevada en esta propiedad. En hormigones de una composición dada, la consistencia es función del agua de amasado o bien, estando está fijada, de la humedad de los áridos, Los hormigones se clasifican por su consistencia en secos, plásticos, blandos, fluidos y líquidos. Su medición se realiza a través del Cono de Abrams según la (NC-174, 2002).

❖ **Laborabilidad**

Una propiedad indispensable de toda mezcla de hormigón en estado fresco es su laborabilidad, siendo esta la aptitud del material para dejarse fabricar, transportar, colocar y compactar. Principalmente se mide mediante el descenso en centímetros en el ensayo del cono de Abrams. Relacionada con la consistencia. La docilidad del hormigón depende de dos factores fundamentales: (Betancourt, 2009b)

- Las condiciones de fabricación y puesta en obra.
- Características de los elementos.

Las condiciones de fabricación y puesta en obra se refieren a los medios y condiciones con que se cuenta para el amasado, trasiego, colocación, y sobre todo, para la compactación del hormigón.

Las características de los elementos incluyen la configuración y dimensiones de los moldes, así como la cuantía y distribución del acero de refuerzo, los elementos esbeltos y/o con intrincada morfología requieren de una mezcla con características diferentes a la que puede usarse para el hormigonado de un elemento poco esbelto, ancho y sin complejidad morfológica.

❖ **Homogeneidad**

Es la cualidad por la que los diferentes componentes del hormigón aparecen distribuidos en toda la masa en igual presencia y cantidad. El hormigón es una mezcla de componentes sólidos muy diferentes y de un líquido, por consiguiente y por su propia naturaleza, es un material heterogéneo. Al decir que un hormigón debe ser homogéneo se indica que debe ser uniformemente heterogéneo y en cualquier parte de su masa los componentes del hormigón deben estar perfectamente mezclados y en la proporción prevista al diseñar la mezcla. La homogeneidad de la masa se logra mediante un correcto amasado y hormigonado, la misma puede perderse por segregación (separación de los gruesos por una parte y los finos por otra), o por decantación (los gruesos caen al fondo y el mortero queda en la superficie (Bauersfeld, 2004).

❖ **Exudación**

La "exudación" es una forma de segregación en la que el agua tiende a elevarse hacia la superficie del hormigón como consecuencia de la incapacidad de los áridos de arrastrarla con ellos al irse compactando. Esta agua crea en la superficie del hormigón una capa delgada, débil y porosa que no tiene resistencia ni es durable. El agua que va llegando a la superficie generalmente se va evaporando de una forma lenta, pero si la evaporación es más rápida que la velocidad de su migración del interior hacia la superficie se crearan fisuras de retracción plástica por aforagado. La pérdida de agua por exudación tiene una parte positiva que es la de reducir la relación agua/cemento del hormigón con la consiguiente repercusión favorable sobre las resistencias; sin embargo, al migrar desde el interior va creando una serie de conductos capilares que restan impermeabilidad al hormigón y que lo hacen poco durable. Para la medición de este fenómeno se determina el agua que es exudada en el proceso y se realiza mediante la especificación de la NC 243 del 2003. Si los hormigones tienen una buena cohesión no presentaran segregación ni exudación (Bauersfeld, 2004).

❖ **Tiempos de fraguado**

Los tiempos de fraguado del hormigón resultan diferentes de los tiempos de fraguado del cemento usado en la fabricación de dicho material, por lo que los procedimientos o métodos para la determinación de dichos tiempos difieren. Un procedimiento práctico establecido por la NC 168 del 2002 es mediante el uso del Penetrómetro Proctor.

**Tiempo de fraguado inicial (TFI):** Tiempo transcurrido desde el contacto inicial del cemento y el agua de la mezcla, hasta que la resistencia a la penetración del mortero alcance un valor de resistencia de 3,5 MPa, medido en horas y minutos (NC-168, 2002).

**Tiempo de fraguado final (TFF):** Tiempo transcurrido desde el contacto inicial del cemento y el agua de la mezcla, hasta que la resistencia a la penetración del mortero alcance un valor de resistencia de 27,6 MPa, medido en horas y minutos (NC-168, 2002).

El tiempo de fraguado inicial nos permite conocer hasta qué momento es o no conveniente operar con el hormigón, mientras que el tiempo de fraguado final define aproximadamente el momento que el hormigón está ya en proceso de endurecimiento y no admite manejo alguno.

❖ **Temperatura del hormigón**

La temperatura del hormigón depende de muchos factores, unos vinculados con las características propias de la mezcla (cantidad y tipo de cemento, tiempo desde el contacto del cemento con el agua, etc.), otros provocados por las condiciones ambientales (temperatura de los áridos, cemento y otras materias primas, temperatura ambiente, etc.) y del tipo de elemento (forma y dimensiones). La influencia de las elevadas temperaturas que se generan en los hormigones en trance de fraguado conllevan a que en países con clima tropical fuerte, como el caso de Cuba, sea necesario efectuar el control de la temperatura del hormigón y adoptar medidas preventivas para evitar la fisuración prematura del mismo y otros efectos negativos, como la rápida evaporación del agua, la pérdida de asentamiento y la disminución de los tiempos de fraguado, por lo cual se requiere

efectuar el reajuste o reacomodo “*retempering*” de la mezcla. En el caso de los hormigones en estado fresco la técnica operatoria para la determinación de la temperatura está establecida en la NC 354:2004 (Betancourt, 2013).

❖ **Contenido de aire y masa volumétrica (o peso unitario)**

En la práctica de producción de hormigón en distintas condiciones, resulta muy útil el conocimiento y empleo de distintos conceptos: masa volumétrica (masa unitaria) y contenido de aire.

✓ *Contenido de aire:*

Cuando normalmente se efectúa la colocación y compactación de un hormigón en los moldes, siempre queda una cierta cantidad de aire “atrapado”. Bajo condiciones normales, la cantidad de aire atrapado es de alrededor de un 2 % (unos 20 litros/m<sup>3</sup>). Desde luego que una compactación deficiente dejará la masa de hormigón menos compacta, y pueden quedar coqueas adicionales al aire atrapado, pero en este caso nos referimos al aire que queda en un hormigón “compactado”. Claro que la masa volumétrica de un hormigón dependerá de su grado de compactación, contenido de aire atrapado y de la masa específica de los materiales constituyentes (Betancourt, 2013).

✓ *Masa volumétrica de hormigón fresco (Mv):*

Masa que posee el hormigón en estado fresco recién compactado, incluyendo el volumen de aire incorporado, expresada en kg/m<sup>3</sup> (peso por unidad de volumen) (NC-222, 2002).

#### **1.4.2 Hormigón en estado endurecido**

El carácter de hormigón endurecido lo adquiere el hormigón a partir del final de fraguado. El hormigón endurecido se compone del árido, la pasta de cemento endurecido (que incluye el agua que ha reaccionado con los compuestos del cemento) y la red de poros abiertos o cerrados resultado de la evaporación del agua sobrante, el aire ocluido (natural o provocado por un aditivo). Indudablemente las propiedades más importantes del hormigón son las que presenta este material en el estado endurecido, pues son las que responden a las

exigencias de los elementos estructurales en su etapa de servicio, entre las más significativas se encuentran la durabilidad, resistencia, adherencia, permeabilidad y retracción (Civil., 2007b).

❖ **Durabilidad**

La durabilidad del hormigón puede definirse, como la capacidad que tiene este de resistir a la acción del ambiente, ataques químicos, físicos, biológicos, o cualquier proceso que tienda a deteriorarlo. Así, un hormigón durable será el que conserve su forma original y su capacidad resistente de servicio en el tiempo, cuando se encuentre expuesto a estas acciones (Bauersfeld, 2004).

Los factores que determinan la durabilidad del hormigón son: (Betancourt, 2009b)

1. Calidad del hormigón, que depende principalmente de:

- a) La calidad de los materiales componentes.
- b) La dosificación utilizada en la confección del hormigón.
- c) El proceso de fabricación del hormigón.

2. La naturaleza del medio ambiente que rodea el hormigón y los agentes y procesos que tienden a destruirlo.

❖ **Permeabilidad**

La permeabilidad de un hormigón es la facilidad que presenta éste a ser atravesado por un fluido, bien sea líquido o gas, y es consecuencia de la porosidad que posee la pasta hidratada y los áridos, de una falta de compactación adecuada e incluso de la exudación. La permeabilidad de un hormigón depende no sólo del volumen de poros del mismo, sino también del tamaño, distribución e interconexión existente entre ellos (Bauersfeld, 2004).

❖ **Resistencia a la compresión**

El hormigón es un material que resiste a las solicitaciones de compresión, tracción y flexión. La resistencia que presenta frente a los esfuerzos de compresión es la más elevada de todas, cifrándose en unas diez veces de la tracción, y es la que más interés presenta en su determinación dado que en la mayor parte de las aplicaciones del hormigón, se hace uso de esa capacidad resistente. La resistencia a compresión del hormigón depende de muchos factores, unos

inherentes a la calidad del mismo y otros a la forma y dimensiones de las probetas y a las condiciones en que se lleva a efecto el ensayo (Bauersfeld, 2004).

En el mundo, con este fin se utilizan principalmente las probetas de forma cúbica y las probetas de forma cilíndrica, siendo estas últimas las utilizadas en nuestro país, la norma NC 221:2002. Hormigón. Elaboración de probetas para ensayos, establece la manera de conformar las probetas (Betancourt, 2009b).

❖ **Resistencia a la Abrasión. Adherencia y fatiga**

✓ *Resistencia a la Abrasión:*

La resistencia a la abrasión del hormigón es importante considerarla en algunos casos especiales, como en el hormigón utilizado para pistas de aeropuertos, pavimentos, para pisos industriales, hormigones a emplear en algunos tipos de silos, etc. La resistencia a la abrasión del hormigón está directamente relacionada con del tipo petrográfico de áridos, es decir, que debe analizarse la resistencia a la abrasión de los áridos a emplear en su elaboración.

✓ *Adherencia:*

La adherencia es una propiedad de particular importancia en el trabajo del hormigón armado, ya que el mismo está basado precisamente en la perfecta unión entre el hormigón y el acero de refuerzo, resistiendo bien el primero los esfuerzos de compresión y el segundo los esfuerzos a tracción. De no existir la adherencia entre acero y hormigón, las tensiones en el refuerzo de un elemento de hormigón armado serían constantes a lo largo de la luz. Por el contrario, si las armaduras tienen adherencia con el hormigón, las tensiones varían a lo largo del refuerzo, es decir, se transmiten esfuerzos al hormigón.

✓ *Fatiga:*

El comportamiento del hormigón sometido a cargas repetidas es distinto al sometido a cargas estáticas. La repetición de millones de cargas durante la vida de un elemento de hormigón puede determinar el fallo del mismo, con una disminución de la resistencia del hormigón. Este fenómeno recibe el nombre de fatiga del hormigón, pues iguales tensiones van provocando cada vez mayores deformaciones. Las experiencias han demostrado que se requiere más de medio

millón de repeticiones para que se manifieste el fenómeno de la fatiga. Algunos investigadores estiman que si se aplican cargas inferiores al 50% de la carga estática de rotura, el material no se rompe, cualquiera que sea el número de repeticiones. Cuando la repetición de la carga determina tensiones de signo contrario: compresión-tracción, la resistencia de fatiga del hormigón se reduce considerablemente (Betancourt, 2013).

#### ❖ **Retracción**

La retracción es un fenómeno intrínseco del hormigón, que está relacionado con la pérdida paulatina del agua en la mezcla. El fenómeno en cuestión, se refiere a que el hormigón experimenta variaciones de volumen, dilataciones o contracciones, durante su vida útil por causas físico-químicas. La idea más importante que debe retenerse es que la retracción no es una fuerza impuesta sino que es una deformación impuesta al hormigón que provocará tensiones de tracción (Munizaga, 2009).

La desecación en el hormigón es mayor en las partes exteriores que en las interiores, en los elementos masivos se generan tensiones internas de tracción a causa de la retracción desigual, lo cual conduce a la formación de fisuras en la masa del hormigón, particularmente en la interface árido-pasta. Lo expuesto permite comprender mejor como la presencia de los áridos en los hormigones no es solamente para cumplir con una función económica (de relleno), sino que también tiene una función técnica, que es la de disminuir los fenómenos de fisuración por retracción (Betancourt, 2013).

Si el hormigón no está en un ambiente permanentemente húmedo, el agua capilar y parte del agua adsorbida se irán evaporando progresivamente a la temperatura ordinaria desde la misma fase plástica, produciendo cambios de volumen originado por una contracción de menisco que obliga a que los granos de agregados se aproximen entre sí. Es por ello que la retracción, no es una fuerza como tal sino una deformación impuesta espontánea (Toirac, 2004).

Puede afirmarse que a mayor resistencia del hormigón mayor va a ser la retracción que se produzca; que el hormigón en masa retrae más que el hormigón

armado; que a mayor temperatura ambiental también será mayor la retracción; que la retracción crecerá cuanto menor sea el espesor de la pieza hormigonada, y que cuanto mayor sea la superficie del elemento habrá más retracción (ABD).

### **1.5 Factores influyentes en la retracción**

#### **❖ *Influencia del cemento***

Las propiedades del cemento tienen poca influencia sobre la retracción del hormigón. Una retracción mayor en la pasta pura de cemento no significa necesariamente que el hormigón producido con dicho cemento se contraiga más. La influencia de la finura del cemento resulta sensible tan solo para la fracción gruesa con partículas más gruesas que 75  $\mu\text{m}$ . (No.200), que al tener comparativamente poca hidratación, actúa respectivamente como agregado. En los demás casos un cemento más fino no aumentará la retracción del hormigón, aunque la retracción de la pasta pura de cemento si se incrementa (Munizaga, 2009).

Un alto contenido de cemento puede afectar la retracción, traducido en un incremento del calor de hidratación y la consiguiente evaporación del agua en la superficie del hormigón contribuyendo a la aparición de grietas en la interface árido-pasta (Díaz, 2012).

#### **❖ *Influencia del contenido de agua***

El contenido de agua afecta también a la retracción del hormigón, porque se reduce la cantidad de agregado restrictivo. Por lo tanto, el contenido de agua de la mezcla indicará generalmente la cantidad previsible de retracción, pero el contenido de agua no es un factor primordial (Munizaga, 2009).

Al ser la retracción producida fundamentalmente por una pérdida de agua de la mezcla, se comprenderá que para igualdad de condiciones, a medida que la cantidad de agua de la mezcla sea mayor, cabe esperarse una mayor retracción. Por eso es importante utilizar en la confección del hormigón curvas granulométricas con el empleo mínimo de arena, compactar el hormigón por

medio de vibradores y utilizar áridos con bajo contenido de materiales con alta superficie específica como polvo y arcilla (Betancourt, 2009b).

❖ ***Influencia del árido***

Los áridos imponen restricciones al libre movimiento de la pasta, lo cual se evidencia en que la retracción en el hormigón es de 5 a 10 veces menor que la retracción en las pastas. El árido es rodeado por la pasta de cemento, la cual al contraerse lo somete a un esfuerzo a compresión generándose en la pasta esfuerzos de tracción que serán mayores a medida que el árido presente un módulo de elasticidad mayor y hasta mayor cantidad de árido en la mezcla, es decir, a medida que la relación árido-cemento sea mayor. Estos esfuerzos de tracción pueden ser mayores que la resistencia de la pasta originando en este caso grietas en ella. Se puede resumir que en los hormigones que presentan una relación árido-cemento alta y(o) módulo de elasticidad del árido elevados, presentan menor retracción, pero habrá mayor tendencia al agrietamiento, y de ahí el mayor cuidado que hay que prestarle a estos hormigones para evitar la retracción en las primeras edades (Betancourt, 2009b).

El tamaño y la granulometría del agregado por sí solos no afectan la magnitud de la retracción, pero un agregado mayor permite usar una mezcla más pobre, y por lo tanto, esto implica una menor retracción, en la Figura N°1.1 se puede apreciar que si aumenta el tamaño máximo del agregado, el contenido de agregado grueso se incrementa en el volumen del hormigón, entonces la retracción se reduce (Munizaga, 2009).

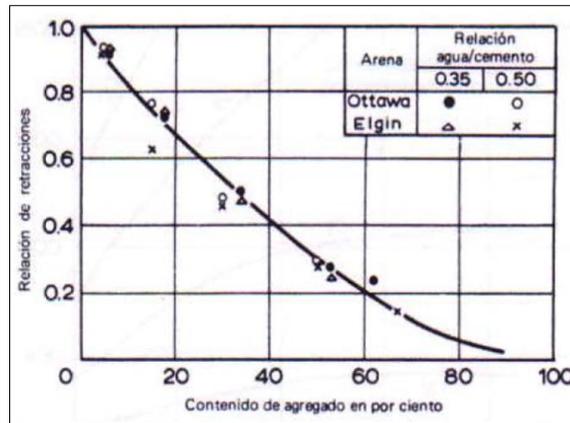


Figura N°1.1 Influencia del contenido de agregado del hormigón (por volumen) sobre la relación de la retracción del hormigón a la retracción de la pasta pura de cemento (Munizaga, 2009).

### ❖ **Influencia del curado y las condiciones de almacenamiento**

El curado prolongado con humedad retrasa la retracción, pero el efecto del curado sobre la magnitud de retracción a largo plazo es pequeño, aunque bastante complejo. Un hormigón bien curado se contrae más rápidamente a partir del cese del curado, que uno con menor curado y, por lo tanto, los esfuerzos que se presentan después, son menores. Estos factores pueden contrarrestar la alta resistencia a la tracción del hormigón bien curado y producir fisuración. En resumen puede afirmarse que la duración del periodo de curado no es un factor importante en la retracción final y agrietamiento del hormigón. La magnitud de la retracción es en gran parte independiente de la velocidad del secado, salvo en los casos en que se transfiere un hormigón sumergido en agua a un ambiente de muy poca humedad, donde puede producirse la fractura. La humedad relativa ambiente afecta mucho la magnitud de retracción del hormigón, por lo tanto el hormigón colocado en aire “seco” (no saturado) se retrae, pero se expande en agua o en aire con humedad relativa del 100%, siempre que no exista retracción autógena (Munizaga, 2009).

### ❖ **Efecto de la geometría**

Aunque la contracción libre es una propiedad inherente de una mezcla determinada en condiciones específicas, la retracción observada se rige por el grado de secado que se puede producir. Por tanto, es un factor importante el

tamaño del miembro de hormigón que se encuentra en proceso de secado (Arquitectuba, 2009).

La influencia del tamaño en la retracción muestra el hecho de que, en cualquier instante, diferentes partes de un elemento de hormigón se secan en mayor o menor medida y, por supuesto, la pérdida de humedad sólo se produce en la superficie. De esta manera, la contracción no es uniforme y es inevitable que el núcleo más húmedo produzca una restricción (Díaz, 2012).

El efecto del tamaño se puede tomar en cuenta indirectamente por la relación de la superficie de secado al volumen de hormigón que implica. Los elementos en forma de placa aunque poseen un secado más uniforme tienen una superficie de secado de mayor magnitud lo que influye directamente en la evaporación del agua presente en el gel derivando en la retracción de la superficie y aparición de fisuras (Sant, 2009).

#### **❖ *Influencia de la humedad relativa***

La humedad relativa es un factor importante, estrictamente hablando, no es la humedad en sí lo que importa, sino el proceso de secado mientras el hormigón está en proceso de retracción. Por tanto, la humedad relativa carece de importancia si el hormigón ya alcanzó su equilibrio hidráulico ya que en ese momento la retracción es muy pequeña. La explicación del fenómeno no se hace simplemente en función de una pérdida adicional de agua del hormigón; el mecanismo por el cual la humedad relativa afecta la retracción es relativamente complejo, siendo uno de los factores claves el hecho de que el equilibrio de la presión del vapor del agua absorbida dependa de su estado de esfuerzo (Betancourt, 2013).

La humedad relativa del medio afecta mucho a la retracción como puede observarse en la Figura N°1.2. Se ve en ella que para una humedad creciente la retracción va disminuyendo; para una humedad del 100 %, el hormigón no retrae sino que, por el contrario, aumenta de dimensiones, es decir, se produce en él un entumecimiento (Bauersfeld, 2004).

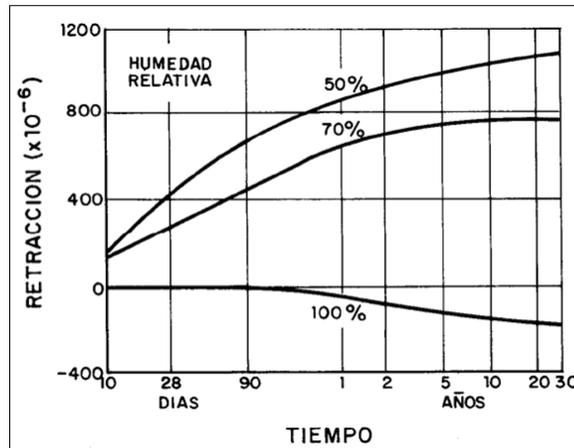


Figura N°1.2 Relación entre la retracción y el tiempo para hormigones almacenados a diferentes humedades relativas. Fuente: (Munizaga, 2009).

### ❖ **Influencia de la resistencia**

Para un contenido constante de la pasta de cemento y los mismos esfuerzos aplicados, la retracción sufrida por el hormigón es inversamente proporcional a la resistencia del hormigón (Betancourt, 2013).

La resistencia del hormigón (cualquiera que sea la naturaleza de los factores que la afecten) puede usarse como parámetro global de la retracción (Arquitectuba, 2009).

### **1.6 Tipos de retracción**

Existen 4 principales tipos de retracción: (Ramírez, 2014)

- Retracción Química
- Retracción Plástica
- Retracción Autógena
- Retracción por Secado

#### **1.6.1 La retracción química**

Es el cambio de volumen de sólidos y líquidos asociados a las reacciones de hidratación del hormigón específicamente producida por la hidratación del cemento y por las fuerzas de cohesión y adhesión resultantes. El volumen absoluto de productos hidratados es menor que el volumen de cemento y agua que existía antes de la hidratación.

Este cambio en el volumen durante la condición plástica es ilustrado por los primeros dos barros en la Figura N°1.3 (Copeland and Bragg).

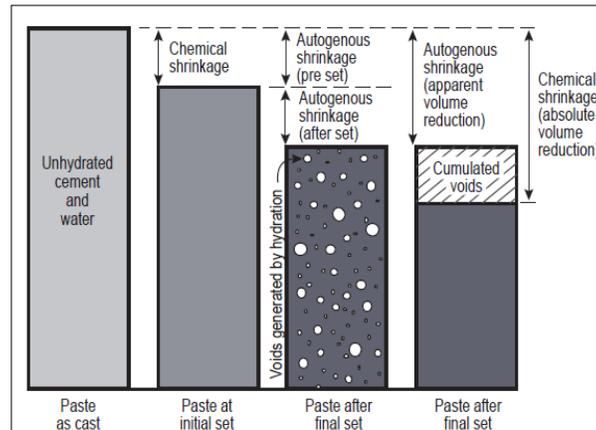


Figura N°1.3 Relación entre retracción química y autógena en el hormigón. Fuente: (Copeland and Bragg).

La retracción química continúa ocurriendo en una escala microscópica mientras dura la hidratación del cemento aunque después del fraguado inicial la pasta no se deforma tanto como cuando estaba en una condición plástica. Un aumento en la hidratación y por consiguiente en la retracción es compensado por la formación de vacíos en la microestructura. La mayor parte de este cambio de volumen es interno y significativamente no cambia las dimensiones externas visibles de un elemento.

La expansión que produce el calor generado por las reacciones de hidratación del cemento provocan tensiones en las zonas a temperaturas más frías del mismo elemento, por estar en contacto con el ambiente, o con volúmenes de hormigón puestos en obra con anterioridad que van impidiendo su libre movimiento de retracción inicial (Sant, 2009).

Debido a la retracción química se forman poros permeables que contribuyen a una depresión de la humedad relativa interna (Thomas et al., 2001).

### **1.6.2 La retracción plástica**

Cuando la pasta de cemento es plástica experimenta una retracción volumétrica, cuya magnitud es del orden de 1% del volumen total del cemento seco. Esta reducción se conoce como retracción plástica, porque se presenta mientras el

hormigón está todavía en estado plástico, la pérdida de agua por evaporación de la superficie del hormigón agrava la retracción plástica y puede llevar a un agrietamiento superficial. Sin embargo, si se evita por completo la evaporación inmediatamente después de la colocación del hormigón, se elimina el agrietamiento. Por el lado de los materiales, se ha encontrado que la retracción plástica aumenta junto con el contenido de componentes finos en la mezcla de hormigón, de esta forma si agregamos más cemento en la mezcla, si se usa cemento fino o se incorpora polvo de sílice incrementa la tendencia del hormigón a tener fisuras por retracción plástica (Munizaga, 2009).

La retracción plástica tiene lugar cuando se produce una evaporación rápida del agua en la superficie del hormigón sin dar tiempo a que sea sustituida por la que migra hacia ella desde el interior de la masa (Bauersfeld, 2004).

### **1.6.3 La retracción autógena**

Aun después del fraguado ocurren cambios de volumen en forma de retracción o dilatación. Una continua hidratación puede llevar a una expansión (Munizaga, 2009), sin embargo, cuando no se permite el movimiento de humedad, ya sea hacia adentro o fuera del hormigón, se produce una retracción. La retracción de tal sistema se conoce como retracción autógena, en la práctica esto se produce en el interior de una gran masa de hormigón. La magnitud del movimiento está entre  $40 \times 10^{-6}$  a la edad de un mes, y de  $100 \times 10^{-6}$ , después de 5 años (medido como deformación unitaria lineal). Por lo tanto, la retracción es relativamente pequeña y en la práctica (excepto en grandes estructuras de hormigón masivo) no es necesario tomarla en cuenta como factor separado de la retracción por secado que normalmente incluye aquella retracción causada por cambios autógenos. Es más importante cuando la razón agua/cemento es baja (menor a 0.40).

### **1.6.4 La retracción por secado**

Cuando el hormigón ha fraguado y se encuentra en un ambiente no saturado pierde agua apareciendo una contracción que se denomina "retracción de secado o por tensión superficial". Esta retracción es irreversible y es debida a pérdida de

agua en la pasta de cemento. La retracción de secado da lugar a un cambio volumétrico capaz de crear tensiones importantes en piezas impedidas de deformarse, haciendo que si estas tensiones son superiores a la resistencia a tracción del hormigón se produzca rotura por tracción (Bauersfeld, 2004).

Es la más conocida y mencionada entre todas las retracciones y tiene lugar en estado endurecido y está asociada a la pérdida de agua de gel. Esta retracción se mide a diferentes edades y su acción se prolonga durante meses e incluso años (Hermida et al.).

La retracción por secado, se produce por la pérdida del agua en poros y capilares en el hormigón. Este fenómeno<sup>9</sup> puede ocasionar en la pasta de cemento retracción de volumen de hasta un 1%. No obstante los áridos agregados reducen estas deformaciones a valores cercanos a un 0,06%, haciendo menos grave este efecto en elementos de hormigón. Una pasta de cemento saturada no permanecerá dimensionalmente estable cuando se expone a humedad ambiental por debajo de la saturación, principalmente porque la pérdida del agua físicamente absorbida del H-S-C (fase hidrato de silicato de calcio), resulta en deformación por retracción. En resumen, la deformación de retracción por secado está principalmente relacionada con la remoción de agua absorbida de la pasta de cemento hidratada. La humedad relativa diferencial entre el hormigón y la del medio ambiente es la fuerza conductora de este fenómeno (Munizaga, 2009).

A la hora de estudiar la retracción en el hormigón hay que tener en cuenta diversos factores, buscando comprender como su variación afecta al material en cada momento. Los aspectos que mayor influencia tienen sobre la retracción de secado son los siguientes: (García)

- Árido utilizado y proporción en la mezcla
- Tipo de cemento y relación agua - cemento
- Humedad relativa
- Curado
- Espesor ficticio

## **1.7 Factores influyentes en la retracción por secado**

### **❖ Efecto del tipo y contenido de árido**

Los áridos son responsables principalmente del peso, el módulo de deformación longitudinal y de la estabilidad volumétrica del hormigón. Las características volumétricas de tamaño y de distribución de poros de los áridos cuentan con mayor importancia que su composición química sobre las propiedades del hormigón. En cuanto a la estabilidad volumétrica de la mezcla los áridos restringen la libre retracción de la pasta de cemento y puesto que el árido de por sí no manifiesta cambios apreciables de volumen, a mayor porcentaje de este en el hormigón se desarrolla una retracción menor del conjunto. Por otro lado los áridos con mayor módulo de elasticidad o, incluso, de mayor rugosidad, restringen en mayor medida el desarrollo de la retracción (García).

La retracción de secado está influenciada por la relación cemento/árido que posea el mortero u hormigón, por la naturaleza de los áridos, por la relación agua/cemento de los morteros u hormigones, por las condiciones y tipo de curado empleado, por la relación superficie/volumen de la piezas, etc. Cuanto mayor es la relación árido/cemento de un mortero u hormigón menor es el valor de la retracción de secado que experimenta para unas condiciones determinadas de humedad y temperatura. En la Figura N°1.4, puede apreciarse como desciende la retracción relativa de la pasta pura de cemento cuando aumenta el tanto por ciento de árido más cemento sin hidratar con respecto al de cemento seco empleado (Bauersfeld, 2004).

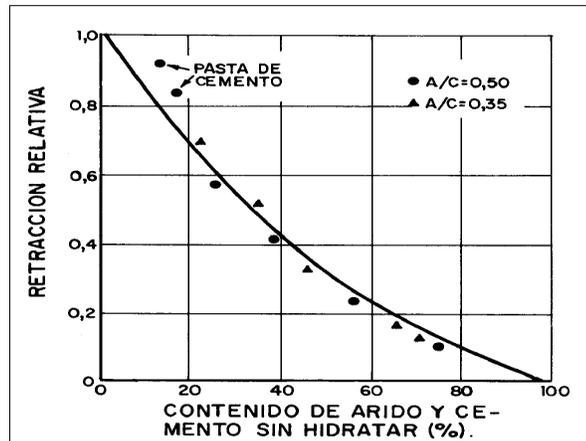


Figura N°1.4 Influencia del contenido de árido en la retracción relativa. Fuente: (Bauersfeld, 2004).

La presencia de áridos en el hormigón restringe las deformaciones, ya que los áridos normalmente utilizados no sufren fluencia cuando son sometidos a las tensiones usuales de servicio en el hormigón. La Tabla 1.1 muestra la influencia del contenido de áridos en la retracción por secado. Se aprecia en la tabla que la retracción disminuye cuanto mayor es la relación árido/cemento debido a este efecto de restricción de la deformación, y también que aumenta con la relación agua/cemento (Idiart).

Relación árido/cemento	Retracción a 6 meses (x10 <sup>-6</sup> ) p/ relación a/c de:			
	0,4	0,5	0,6	0,7
3	800	1200	----	----
4	550	850	1050	----
5	400	600	750	850
6	300	400	550	650
7	200	300	400	500

Tabla 1.1 Valores típicos de retracción en muestras de mortero y hormigón, sometidos a un ambiente con 50% HR y 21° C. Fuente: (Idiart).

El tamaño máximo del árido influye en el sentido de que cuanto mayor sea éste menor será la retracción; este efecto es consecuencia de que cuanto más grande sea el árido, menor contenido de pasta precisan los hormigones y por consiguiente

menor será la retracción. La naturaleza de los áridos también influye, por cuanto la retracción será tanto mayor cuanto menor sea el módulo de elasticidad de los mismos, es decir, más deformables sean éstos. La contaminación de los áridos por arcillas da lugar a que disminuya el poder frenante de la retracción que ejercen éstos, a la vez que aumente la retracción como consecuencia de la aportada por las propias arcillas provocando incrementos que, a veces, llegan al 70 %. Se ha determinado la retracción experimentada por hormigones de la misma composición pero confeccionados con áridos diferentes y conservados a 20°C y con una humedad relativa del 50 %, obteniendo los valores indicados en el gráfico de la Figura N°1.5 (Bauersfeld, 2004).

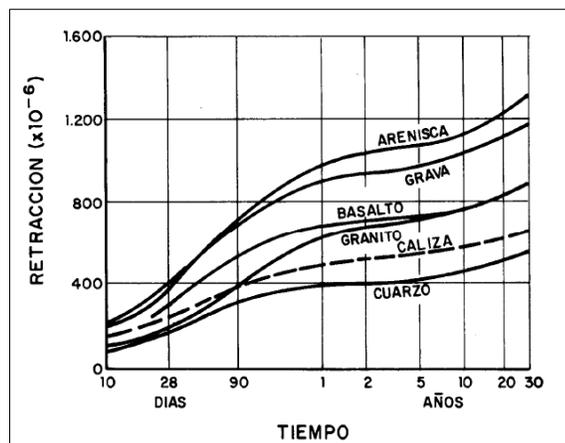


Figura N°1.5 Influenciada de la naturaleza de los áridos en la retracción. Fuente: (Bauersfeld, 2004).

#### ❖ **Influencia del tipo de cemento y la relación agua/cemento**

**Tipo de cemento:** La influencia de la composición de cemento puede afectar la magnitud del encogimiento por secado pero este efecto no está completamente determinado. Se ha observado que la cantidad de C3A (aluminato tricálcico) y el contenido alcalino tienen un efecto dominante y a la vez ambos están influenciados por el porcentaje de yeso en el cemento. Muchas veces las propiedades químicas del cemento no son tomadas en cuenta siendo más importante su desempeño final (resistencia) (Australia, 2002).

La retracción será mayor cuanto mayor sea la superficie específica del cemento utilizado, debida a que mayor será el grado de hidratación de este material, por lo

que se consumirá un mayor porcentaje de agua. Esto implica que existe una mayor cantidad de volumen de gel de cemento, el cual, cuando la humedad relativa es lo suficientemente baja, hace que se experimenten altos niveles de retracción (García).

**Relación agua/cemento:** Mayor relación a/c se traduce en mayor contenido de agua, este es uno de los factores más importante en la retracción por secado porque su aumento tiende a incrementar la contracción y al mismo tiempo a reducir la resistencia del hormigón. La cantidad de agua de amasado influye mucho en la retracción debido, fundamentalmente, a que reduce el volumen de áridos a introducir en el hormigón, y que son los que verdaderamente frenan la retracción; en este sentido, conociendo el contenido de agua de una mezcla determinada puede tenerse una idea del orden de magnitud de la retracción que se puede esperar de la misma (Bauersfeld, 2004). Ver Figura N°1.6

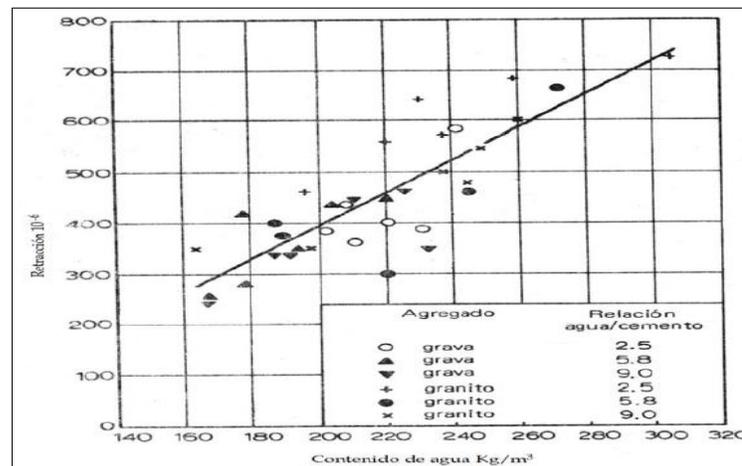


Figura N°1.6 Relación entre el contenido de agua del hormigón fresco y la retracción por secado. Fuente (Munizaga, 2009).

La influencia de la relación agua/cemento y del contenido de agregado, pueden combinarse en una sola gráfica, esto se puede ver en la Figura N°7, se debe tener en cuenta que los valores dados para la retracción corresponden al secado en clima templado.

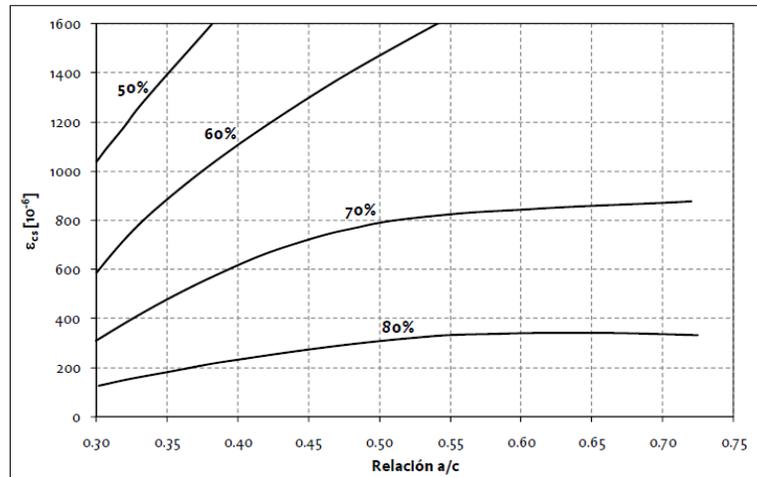


Figura N°1.7 Influencia de la relación agua/cemento y el contenido de agregado, sobre la retracción. Fuente: (García).

#### ❖ Efecto de la Humedad relativa

Para el estudio de la retracción por secado, se adopta generalmente como variable de estado la humedad relativa (HR). La humedad está presente tanto en su fase gaseosa (vapor de agua) como en su fase líquida (agua), aunque se puede considerar que hay equilibrio termodinámico entre las fases en todo momento. En el secado intervienen mecanismos más o menos complejos que actúan a veces de manera acoplada. Los fenómenos de permeabilidad, difusión (en sus varias formas), adsorción/desorción y evaporación/condensación ocurren simultáneamente en el seno de la pasta de cemento. Una curva típica de retracción por secado-pérdida de peso (construida con un amplio rango de humedades relativas) muestra generalmente discontinuidades, como puede verse en la Figura N°1.8. Muchos investigadores han propuesto relacionar estos quiebres en las curvas con diferentes mecanismos como son: la tensión capilar (que tiene influencia sobre todo en el rango de 40 a 50 % de humedad relativa), la llamada disjoining pressure (presión de desunión), que actúa en el rango de humedades relativas cercanas a la saturación, la tensión superficial, basada en la energía libre superficial que induce tensiones de compresión hidrostática en el sólido y tiene mayor influencia en el rango de humedades relativas bajas, y la pérdida de la humedad entre capas del silicato de calcio hidratado (SCH) (cuando

la humedad cae por debajo de aproximadamente el 10% por lo que tiene poca importancia práctica), cuyos mecanismos actúan en distintas regiones o rangos de humedad relativa (Idiart).

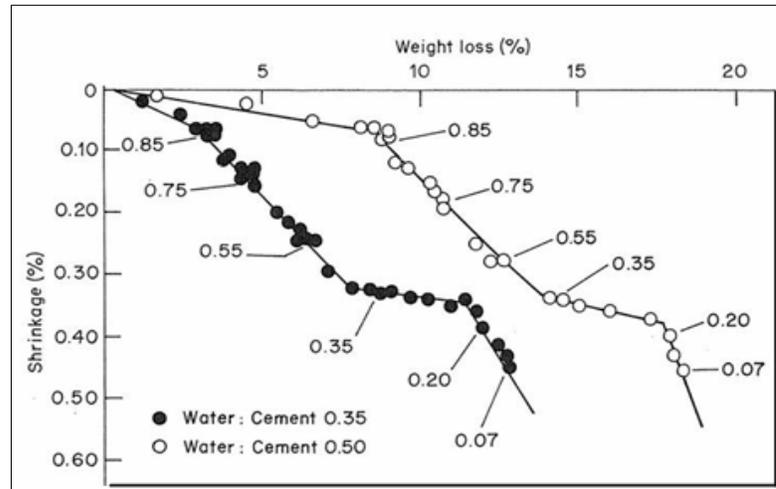


Figura N°1.8 Curvas típicas de retracción en función de la pérdida de peso para dos relaciones de agua/cemento, durante el secado de la pasta de cemento. Fuente: (Idiart).

#### ❖ **Influencia del Curado**

Los curados prolongados con agua son beneficiosos debido a que, si bien dan lugar a una mayor hidratación del cemento con una gran formación de geles y por tanto con menos partículas que coarten la retracción por secado, la pasta se hace más resistente con la edad y soporta mejor las tensiones de retracción sin llegar a fisurarse, de aquí la conveniencia de curados húmedos y prolongados (Bauersfeld, 2004).

El curado debería comenzar inmediatamente después del desencofre y es particularmente importante durante el primer día después de la colocación, ya que es el procedimiento mediante el cual se evita que parte del agua de amasado del hormigón se pierda por distintas vías. Su correcta ejecución garantiza que se produzca de manera conveniente el proceso de fraguado y endurecimiento (Holt, 2001).

Pero un curado muy prolongado tampoco es recomendable ya que el porcentaje de granos de cemento hidratados es de tal magnitud que el hormigón tiende a expandirse y por ende agrietarse. Ver Figura N°1.9

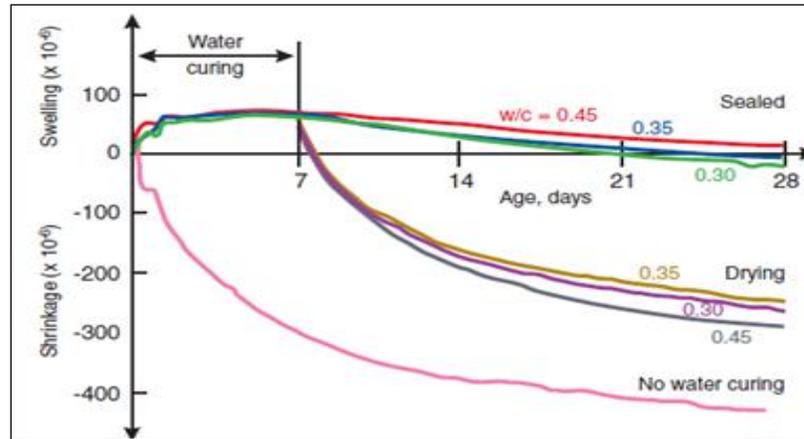


Figura N°1.9 Retracción por secado bajo diferentes regímenes de curado. Fuente: (Díaz, 2012)

#### ❖ **Efecto de la Geometría**

Los elementos de grandes dimensiones y espesores se secan más lento que los delgados y pequeños, como consecuencia su encogimiento será mayor para un mismo período de secado. A una humedad relativa de almacenamiento constante, tanto el tamaño como la forma de un elemento de hormigón determinan la magnitud de la retracción por secado. El efecto de la geometría en la retracción por secado es representado en la mayoría de códigos y normas por un espesor teórico. Es conveniente expresar los parámetros de tamaño y la forma por una simple expresión como el espesor efectivo o espesor teórico, que es igual al área de la sección dividida por el semiperímetro en contacto con la atmósfera. Se deduce que un espesor teórico superior será asociado con un encogimiento por secado inferior. Las relaciones entre el espesor teórico y la retracción por secado se ilustran en la Figura N°10 (Munizaga, 2009).

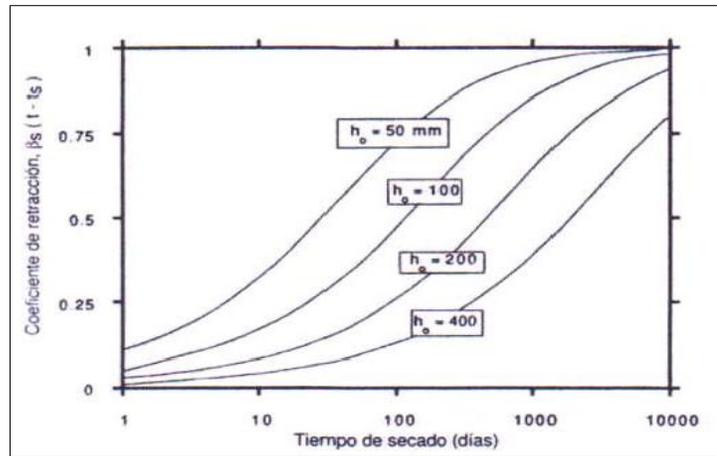


Figura N°1.10 Influencia del tiempo de exposición y tamaño del espécimen en el coeficiente de la retracción por secado. Fuente: (Munizaga, 2009).

El valor de la retracción medida depende ligeramente del tamaño de las probetas empleadas en los ensayos en el sentido de que disminuye cuando las dimensiones de éstas crecen hasta un límite a partir del cual permanece constante. La forma de las probetas o de las piezas también influye, especialmente, por cuanto, a mayor relación volumen/superficie menor será la pérdida de agua y por consiguiente menor la retracción, apreciándose una relación lineal entre esta relación y el logaritmo de la retracción. La retracción por secado no hay que considerarla uniforme en todo el espesor de las piezas de hormigón debido a que la pérdida de humedad se produce con mayor intensidad en la superficie que en el interior de la masa con lo cual se tiene una retracción diferencial. Estas diferencias en un mismo elemento pueden provocar una fuerte fisuración si la deformación elástica ( $E_t/f_{ct}$ ) a tracción es inferior al valor de la deformación por retracción (Bauersfeld, 2004).

#### ❖ **Influencia de aditivos y adiciones**

Los aditivos del hormigón tales como el cloruro de calcio y las adiciones como la escoria granulada y las puzolanas, tienden a incrementar el volumen de los poros finos en el producto de hidratación del cemento, al igual que los aditivos reductores de agua y los retardantes de fraguado que son capaces de afectar una mejor dispersión de las partículas del cemento anhidro en el agua, ya que la

retracción por secado en el hormigón está asociada directamente con el agua retenida por los pequeños poros en el rango de 3 a 20 nm, los hormigones que contienen aditivos capaces de refinar los poros, generalmente muestran una retracción por secado más alta (Munizaga, 2009).

### **1.8 Principales medidas de mitigación para minimizar la retracción por secado**

Conocidas son las dos principales actuaciones en este sentido. La primera de ellas supone la reducción del contenido de agua, lo cual proporciona una menor cantidad de agua libre y en consecuencia una reducción notable en las deformaciones de retracción por secado; no obstante, esto daría lugar a una disminución de la trabajabilidad, de manera que para evitarlo se pueden emplear plastificantes o superplastificantes. La segunda actuación va dirigida a la disminución del contenido de cemento mediante la optimización de las granulometrías de los áridos y composición de la pasta, o bien su sustitución por finos que den mayor compacidad a la pasta e impermeabilidad al hormigón.

Debido a que las presiones en los poros creados dentro de la pasta de hormigón son directamente proporcionales a las tensiones en su superficie, parece lógico que los agentes reductores de la retracción, los cuales disminuyen esa tensión superficial, podrían también ser usados con el fin de mitigar la retracción. A la vez, se consigue eliminar las fisuras producidas durante las primeras edades del proceso en hormigones con una baja relación agua/cemento (conocimiento).

### **1.9 Fisuración del hormigón**

La fisuración es una rotura en la masa del hormigón que se manifiesta exteriormente con un desarrollo lineal. La fisuración se produce siempre que la tensión, generalmente de tracción, a la que se encuentra sometido el material sobrepasa su resistencia última (Munizaga, 2009).

Uno de los inconvenientes que cabe ponérsele al hormigón es la facilidad con que se fisura y que es consecuencia de su baja resistencia a la tracción y reducida

tenacidad. La fisuración parece ser la característica más negativa del hormigón. Las fisuras en el hormigón pueden ponerse de manifiesto al cabo de algunas horas, de semanas, de meses e incluso al cabo de años. Las causas de la fisuración pueden ser muy variadas y la determinación de su origen no siempre es fácil aunque, en general, puede decirse que las mismas causas producen idénticos tipos de fisuras. La fisuración aparece en el hormigón cuando se crean en él tensiones, generalmente de tracción, que es incapaz de resistir. Si las causas que crean estas tensiones son muy variadas, aún lo son más, las que impiden que el hormigón sea capaz de resistirlas. A veces la fisuración es consecuencia de una acción aislada, en otras ocasiones, lo es de varias acciones combinadas. Las fisuras en el hormigón pueden clasificarse como fisuras de tipo estructural y fisuras por restricción al movimiento propio del material. Las de tipo estructural suelen aparecer en los elementos de las edificaciones, ya sea por un inadecuado diseño de las juntas entre ellos o por la acción de las cargas a que están sometidos. Las fisuras por restricción se originan debido al impedimento de un elemento estructural, de cambiar libremente de volumen cuando sufren el efecto de fuerzas expansivas y de contracción. Los factores que provocan la fisuración son muy distintos, algunos de ellos pueden ser los siguientes: (Bauersfeld, 2004)

1. Alto contenido de agua en el hormigón. Cuanto mayor es el contenido de agua mayor es la retracción hidráulica y por tanto la posibilidad de que aparezcan fisuras.
2. Alta dosificación de cemento. Esta da lugar a la necesidad de tener que emplear más agua con lo cual aparecen los mismos problemas anteriores. Es conveniente recordar que los mejores hormigones son aquellos que proporcionan las características de resistencia y durabilidad deseadas con el menor consumo posible de cemento.
3. Alto calor de hidratación del cemento. Un contenido excesivo de cemento, especialmente si éste es rico en silicato tricálcico, desprende una gran cantidad de

calor que puede ocasionar tensiones térmicas diferenciales que sobrepasen la resistencia a tracción del hormigón especialmente a edades tempranas.

4. Los ciclos de sequedad y humedad debidos al sol y la lluvia dan lugar a concentraciones y expansiones que pueden originar tracciones que causen la fisuración.

5. Las reacciones de los álcalis del cemento con determinados áridos de naturaleza silícea pueden dar lugar a la formación de geles que originan presiones internas que provoquen la rotura del hormigón.

6. Los cambios de temperatura. El hormigón en verano puede alcanzar 50°C y en invierno temperaturas inferiores a -10°C. Estas variaciones pueden crear acortamientos que, si están impedidos, provoquen la fisuración del hormigón.

7. El viento seco y caliente actuando sobre el hormigón recién puesto en obra provoca una pérdida rápida de agua que da lugar a una retracción superficial que lo fisura.

8. Los ciclos hielo - deshielo, además de cambios de temperaturas, producen tensiones internas provocadas por la acción del agua al helarse en los poros del hormigón. Igualmente ocurre en el caso del empleo de sales de deshielo que son absorbidas en disolución por los poros del hormigón donde luego cristalizan generando tensiones que pueden crear fisuras.

9. El ataque de los sulfatos sobre el aluminato tricálcico hidratado del hormigón da lugar a la formación de ettringita expansiva que crea tensiones internas de tal intensidad que con facilidad destruyen al hormigón previa fisuración del mismo.

10. Los movimientos de las estructuras debidos a asentamientos diferenciales o a la existencia de suelos expansivos produce fisuras muy características del hormigón.

11. Los excesos de cargas, bien estáticas o dinámicas, provocan igualmente la fisuración del hormigón.

12. La corrosión de las armaduras en el hormigón armado y especialmente cuando éste está situado en ambiente marino es una causa de fuerte fisuración debida a la expansión que experimenta el acero al corroerse.

### **1.10 Fisuras provocadas por la retracción**

El mecanismo por el que el hormigón se fisura es bastante sencillo. Dadas unas condiciones ambientales, el hormigón presenta una determinada cantidad de reducción de volumen. En consecuencia se produce un impacto negativo en la durabilidad de la mezcla.

Las fisuras se distinguen por la edad de aparición en un elemento estructural, por su forma y trayectoria, abertura, movimiento, etc. La determinación de las causas que han provocado las fisuras es importante como medida previa a la reparación. Por lo tanto, en el caso de fisuración por retracción la magnitud de la deformación por retracción es solamente uno de los factores que rigen el agrietamiento del hormigón. Si la retracción del hormigón se produjera de manera no restringida el hormigón no se fisura. Es la combinación de la retracción y la restricción (generalmente proporcionada por otra parte de la estructura) lo que provoca el desarrollo de tensiones de tracción (García).

#### **1.10.1 Fisuración por retracción química**

El tiempo de formación incluye desde horas hasta varios días de la puesta en obra. La manifestación son fisuras de forma similar a las de tracción o flexión. Como observación se plantea que si el hormigón es armado suelen ser de pequeña anchura y separadas. Aparecen en la superficie en forma serpenteante, ubicadas al azar y orientadas en cualquier dirección (Díaz Gómez, 2012).

#### **1.10.2 Fisuración por retracción plástica**

Las fisuras por retracción plástica son aquellas que aparecen en la superficie de los elementos de hormigón fresco, a las pocas horas tras el acabado de los mismos. Dichas fisuras son en general, paralelas unas a otras, separadas entre sí de 30 a 90 cm. y con una profundidad de 2.5 a 5 cm y raramente llegan hasta el borde de la losa. Las fisuras por retracción plástica pueden afectar la durabilidad de los pisos y pavimentos de hormigón (ANFAH).

Para evitar el desarrollo de las fisuras relacionadas con la retracción plástica pueden tomarse distintas medidas en obra, tal y como humedecer los áridos, los encofrados o el sustrato, evitar altas temperaturas del hormigón, comenzar el curado del hormigón lo antes posible tras el hormigonado, cubrir temporalmente el hormigón para evitar la evaporación o erigir barreras para el viento y para la radiación solar que incide sobre el hormigón (García).

### **1.10.3 Fisuración por retracción autógena**

Ocurren en los primeros días de la puesta en obra. Son fisuras importantes en muros y piezas de gran longitud que pueden alcanzar de 2 a 4 mm de ancho. Pueden limitarse por las armaduras o limitando el tamaño de las piezas con lo que variaría la restricción provocada por los mismos. Aparecen siguiendo las líneas del refuerzo (Díaz, 2012).

### **1.10.4 Fisuración por retracción por secado**

La fisuración superficial irregular en muros y losas constituye un ejemplo de retracción por secado a pequeña escala. Estas fisuras aparecen en el mortero en las primeras semanas e incluso meses, suelen tener de 4 a 8 mm de espesor y son de profundidad y longitud variable siendo incrementables con el tiempo. Su dirección es perpendicular a la superficie expuesta al secado y el sentido es ascendente (Díaz, 2012).

Este tipo de fisuras aparece en elementos cuya libre contracción está impedida, por ello, tiene tanta más influencia cuanto más rígida es una estructura, su trazado es limpio y agudo. En elementos lineales como vigas largas y empotradas en sus extremos, las fisuras se presentan con trazados perpendiculares al eje de la pieza y a mitad de la luz (ayudada por la flexión provocada por las cargas) (Toirac, 2004).

Las medidas para contrarrestar las fisuras de contracción por secado incluyen las mismas impuestas para prevenir la contracción plástica pues el origen es común, pero además, en las grandes superficies como pisos y losas se deberán

realizar rápidos y eficientes curados para preservar o restituir la humedad. Entre estas técnicas se encuentran las siguientes:

- Cubrir la superficie con una lona o material de polietileno.
- Riego de agua a partir del endurecimiento y durante las primeras 72 horas preferentemente cuando las temperaturas sean mas altas.
- Aplicación superficial de curadores químicos.

### 1.11 Ensayos

#### ❖ **Ensayos para la medición de la retracción química**

Existen numerosos métodos para evaluar la retracción química, todos basados en la absorción del agua durante el proceso de hidratación, el protocolo de estos métodos se encuentra en la norma ASTM C1608 “Método estándar para el cálculo de la retracción plástica en hormigones”.

#### ✓ **Contracción Le Chatelier, 1900**

Mide el decrecimiento de volumen de la pasta de cemento.

$V \text{ productos} < V \text{ reaccionantes}$  (Thomas et al., 2001)

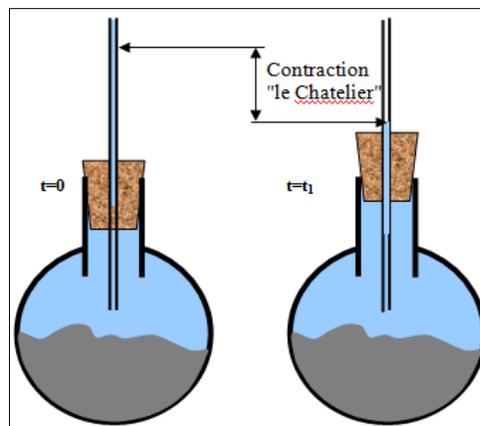


Figura N°1.11 Contracción Le Chatelier. Fuente: (Thomas et al., 2001)

#### ✓ **Método de Buoyancy**

Se obtiene el valor del volumen final basado en los cambios de densidad a través de la expresión:

$$V_{CS} = \frac{\Delta V_{paste}(t)}{g_{cem}} = \frac{W_{sub}(t) - W_{sub}(30)}{\rho_{par} \cdot g_{cem}}$$

Involucra suspender, de una balanza, una muestra en un baño aceite de parafina graduado térmicamente, el conjunto se sitúa en la parte superior del agua que la contiene, como muestra las Figura N°1.12 y N°1.13. Este es un proceso que puede automatizarse, es relativamente caro (Thomas et al., 2001).

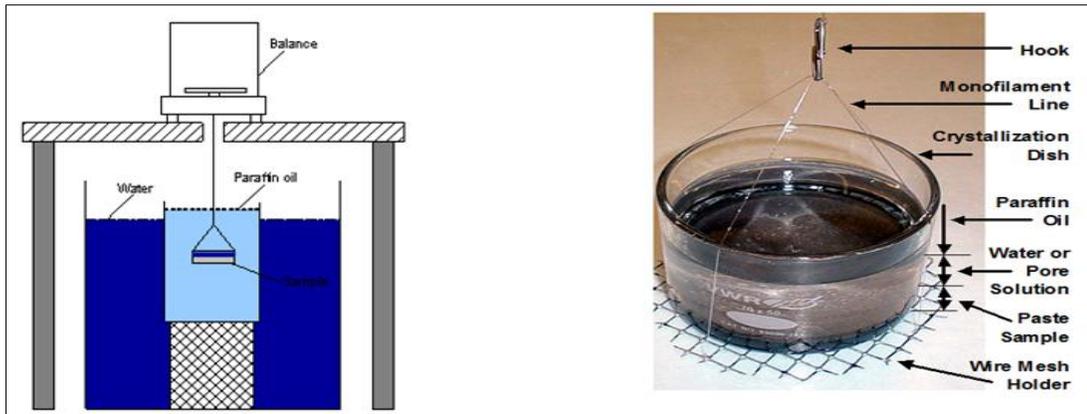


Figura N°1.12 Método de Buoyancy.

Figura N°1.13 Detalles del método.

#### ❖ Método de análisis de imagen (EPFL)

Se miden los cambios de volumen a la pasta de cemento a través de la lectura del nivel del aceite, este proceso que registrado por una cámara digital. Se realiza con agua desionizada (Thomas et al., 2001). Ver Figura N°1.14

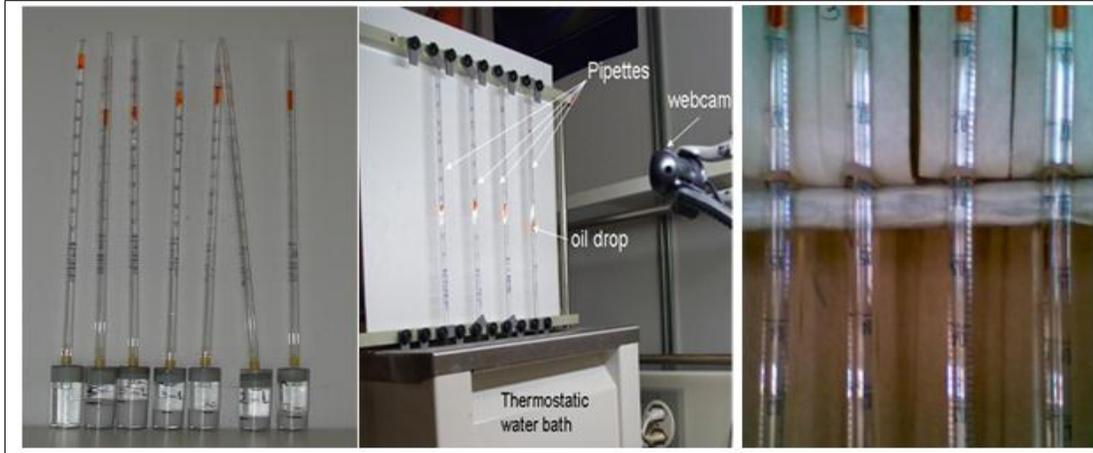


Figura N°1.14 Método de procesamiento de imágenes de la EPFL. Fuente: (Thomas et al., 2001)

❖ ***Ensayos para la medición de la retracción plástica***

Existen varias técnicas para estudiar la retracción plástica en el hormigón. Entre estos se puede mencionar los especímenes lineales con restricción en los extremos o con un extremo fijo y el otro móvil; el espécimen tipo losa donde las restricciones son perpendiculares; y el espécimen tipo anillo (imcyc, 2011).

✓ ***Método de prueba del panel rectangular ASTM C1579 “Método estándar para el cálculo de la retracción plástica”***

Este método evalúa la contracción plástica mediante someter paneles rectangulares de hormigón a velocidades de viento de 4 m/s en una cámara de condiciones constantes de humedad (Humedad relativa del 30 %) y temperatura (36° C). El parámetro de mayor importancia es la velocidad de evaporación del agua, que se debe mantener en un valor mínimo de 1 kg/m<sup>2</sup>/h para asegurar la generación de la fisura. La prueba termina cuando se completa el fraguado final del hormigón, que se determina de acuerdo con la ASTM C403 “Método estándar para la determinación de fraguado en hormigones hidráulicos”, sin embargo, el espesor de fisura final se determina a las 24 horas de iniciado el mezclado (imcyc, 2011).

✓ ***Método de prueba del anillo***

El ensayo tipo anillo ha mostrado ser un método que proporciona un grado de restricción elevado y constante, permite resultados consistentes en muestras de

pasta, mortero y hormigón. El dispositivo de prueba consiste en dos anillos de acero, y una base metálica, como se muestran en la Figura N°1.16 y N°1.17. El anillo exterior tiene soldadas doce restricciones que sirven para generar la fisuración. La prueba consiste en moldear una muestra de hormigón entre los dos anillos metálicos para formar un anillo de concreto de 15 cm de espesor y 8 cm de altura. La mezcla de hormigón se moldea en una sola capa y la compactación se hace sobre una mesa de vibrado. Todo el conjunto se somete a un flujo de aire constante (4m/s) en un ambiente controlado de humedad (40% de HR) y temperatura (20°C). También se puede calcular la evaporación de agua de la superficie del hormigón y por lo tanto predecir el posible inicio de la fisuración por contracción plástica (imcyc, 2011).

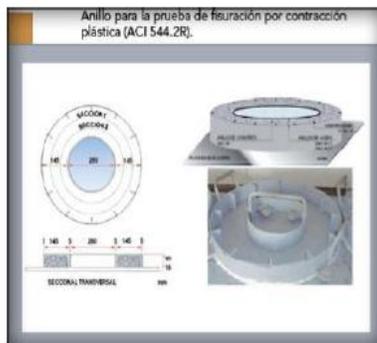


Figura N°1.16 Dispositivo de prueba.



Figura N°1.17 Cámara de prueba.

### ❖ **Ensayos para la medición de la retracción autógena**

Los ensayos para la obtención de la retracción autógena se dividen en dos grupos: métodos lineales y métodos volumétricos. Dentro de los lineales se encuentran el método del tubo corrugado y el láser, por otra parte, el método de la membrana es el más empleado de los volumétricos.

#### ✓ **Método del tubo corrugado**

Mide la deformación longitudinal de la muestra ya que el molde tiene una rigidez mucho mayor en la dirección radial que en la dirección longitudinal. El largo es de 400 mm y el diámetro de 30mm, la muestra se encapsula 30 min después de la adición de agua. Ofrece una exactitud de  $\pm 5$  mm/m (Thomas et al., 2001).



Figura N°1.18 Tubo corrugado. Fuente: (Thomas et al., 2001)

✓ **Método del láser**

Este método se basa en registrar el cambio longitudinal que experimenta la muestra con el uso de rayos laser. Se fija un punto y un ángulo de 20°, se registran en la computadora las diferentes posiciones que adopta la muestra. Tiene una precisión de 5 micras (Thomas et al., 2001).



Figura N°1.19 Método del láser. Fuente: (Thomas et al., 2001)

✓ **Método de la membrana**

La muestra fresca es encapsulada en la membrana, esta se suspende de una balanza en un baño de aceite de parafina, el conjunto se sitúa en la parte superior del agua que la contiene pero esta agua no ejerce ninguna presión sobre la muestra, la membrana debe ser impermeable y el fluido debe brindar un efecto osmótico. La precisión es crucial porque durante el proceso se pueden cometer errores que falseen los resultados (Thomas et al., 2001).

El resultado obtenido puede transformarse de volumétrico a lineal a través de un factor de conversión para el fluido de 2.53 determinado por O. M. Jensen.

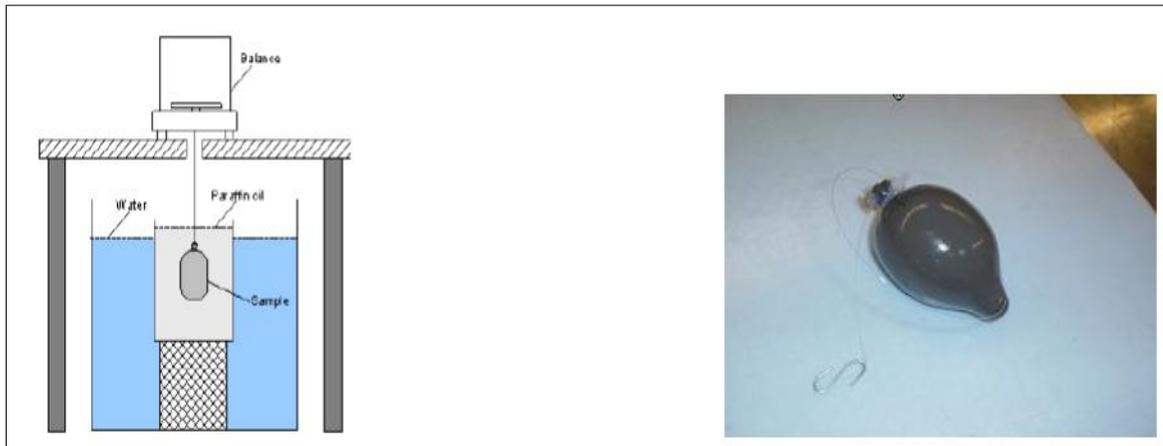


Figura N°1.20 Método de la membrana.

Figura N°1.21 Membrana.

❖ **Ensayos para la medición de la retracción por secado**

El procedimiento se encuentra en la norma (ASTM-C-157, 2006) “Método estándar para el cálculo de cambios de longitud en morteros y hormigones”, mide los cambios de longitud que experimenta la muestra entre dos puntos fijos.

Entre las características del procedimiento se encuentran:

- Especímenes de 75 mm x 75 mm x 285 mm
- Temperatura mantenida de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Humedad relativa del  $50 \pm 4\%$
- Desencofrado a las 24h
- Registro del cambio de longitud diario hasta 28 días.
- Precisión de  $\pm 10\mu\text{m}$

Ensayos experimentales demuestran que, como es lógico, las deformaciones medidas en los bordes de las probetas son mayores que en el centro de las mismas, a veces hasta 5 veces más, como muestra la Figura N°1.22. También es de gran importancia la esbeltez de las probetas empleadas, ya que los bordes tienen un efecto sobre la distribución del contenido de humedad. Por lo tanto, es

importante medir las deformaciones longitudinales en el centro de las probetas (López et al., 2005).

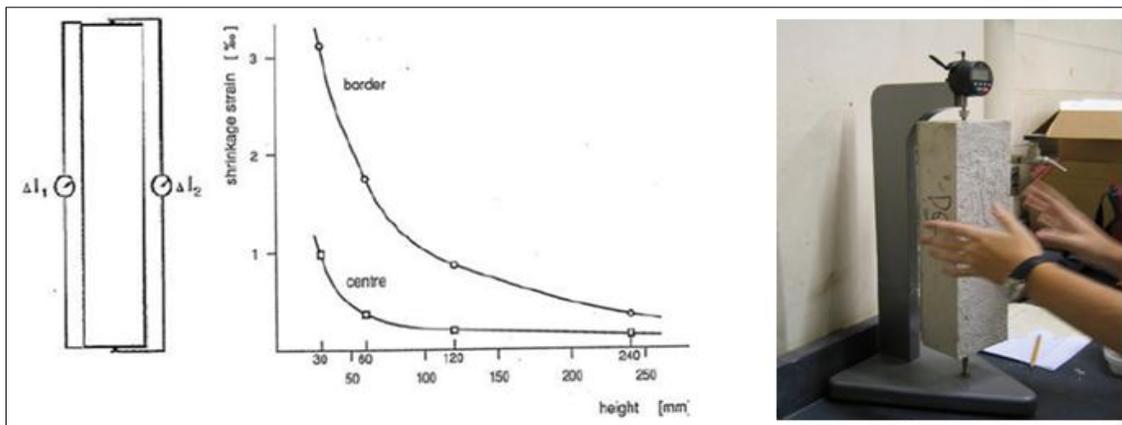


Figura N°1.22 Retracción medida en el borde y en el centro de la probeta. Fuente: (López et al., 2005).

## 1.12 Caso de estudio (*Bungalows-Cayo Santa María*)

### ➤ *Características constructivas de los bungalows*

Los edificios tipo *bungalows* de Cayo Santa María (CSM) son estructuras de hormigón armado con una combinación de elementos prefabricados (vigas y losas balconeras) y elementos fundidos en el lugar de la obra (muros y losas), con predominio de los últimos en el conjunto. Los muros son los elementos de mayor importancia en este tipo de estructura, ya que están en mayor proporción y asumen todas las cargas del edificio. El hormigón que se utiliza es producido en una planta tipo *Batching Plant*, dotada con dosificadores gravimétricos, con un alto nivel de automatización, que puede considerarse a un buen nivel técnico en referencia a la práctica internacional. El hormigón es pre-mezclado, y transportado a obra en camiones-trompo, hasta que es colocado finalmente. Para la conformación de los muros se utilizan moldes metálicos que son retirados 24 horas después de haber colocado el hormigón, con un deficiente curado, necesario para garantizar la correcta hidratación del cemento en las primeras edades (Herrera, 2014).

➤ **Características del fenómeno de la fisuración que afecta los bungalows de Cayo Santa María.**

Diagnósticos realizados descartan la posibilidad de que (de manera general) las fisuras hayan sido causadas por factores de tipo estructural, o tensiones producidas que no hayan sido tenidas en cuenta en el proceso de diseño de la estructura y en la concepción de su tecnología constructiva. El fenómeno de la fisuración se produce de forma masiva en todas las edificaciones conocidas como *bungalows*. Los anchos de fisura superan en muchos casos los anchos máximos exigidos por las normas cubanas, lo que obliga a repararlas para poder garantizar la vida útil de estas obras. Esto puede representar una amenaza para la durabilidad de la estructura por la posibilidad de penetración de agentes externos agresivos. En el proceso tecnológico se generan indisciplinas en la colocación de hormigón, especialmente la temprana retirada de los moldes metálicos, en momentos donde el fraguado y endurecimiento del hormigón está ocurriendo, y el material no es capaz de auto-sustentarse, entonces se pandea y produce ligeros esfuerzos de tracción que generan las grietas horizontales. Las grietas verticales se producen de forma mayoritaria en las zonas debilitadas por las canalizaciones de electricidad y corrientes débiles, que son colocadas muy cerca de la superficie, y disminuyen la capacidad resistente del hormigón a edades tempranas (donde su resistencia es baja) ante tensiones de retracción química o autógena. En dependencia de la posición de las canalizaciones, estas grietas pueden ser pasantes o no. Esto puede verse agravado por el exceso de cemento en el hormigón utilizado, que produce un incremento de la retracción química y autógena (Herrera, 2014).

➤ **Relación de la fisuración en los bungalows con la retracción por secado.**

En los muros también aparecen grietas verticales producto de la retracción que se genera en el proceso de secado del elemento. Esto ocurre cuando se crean diferencias de humedad relativa entre el interior del hormigón y el medio ambiente que lo rodea, provocado en el momento en que el edificio entra en explotación y

son conectados los aires acondicionados. Se experimentan cambios de humedad relativa en diferentes zonas de los muros, provocando un encogimiento de estos y la consiguiente fisuración o agrandamiento de las grietas ya existente por causas anteriores (Herrera, 2014).

### **1.13 Conclusiones parciales**

- El exceso de cemento generalmente en dosificaciones puede incrementar los valores de retracción.
- La retracción por secado es la más conocida y mencionada entre todas las retracciones, teniendo lugar en estado endurecido, y está asociada a la pérdida de agua de gel.
- La retracción por secado prolonga su acción en el tiempo, dado por las condiciones medio ambientales, principalmente la diferencia de humedad relativa.
- La cantidad de agua de amasado es uno de los factores con mayor influencia en la retracción por secado, además de que reduce el volumen de áridos a introducir en el hormigón, y con ello su influencia en la disminución de la retracción.
- De los métodos utilizados en la medición de la retracción por secado según la bibliografía, la autora considera que el método más adecuado para medir la retracción es el establecido por la norma ASTM C157 "Método estándar para el cálculo de cambios de longitud en morteros y hormigones".

## **CAPÍTULO 2. Experimentación de la retracción de especímenes de hormigón en lotes producidos en trabajos de investigación del CIDEM en el 2013-2014.**

### **2.1 Introducción**

La evaluación de la retracción por secado fue estudiada en especímenes de hormigones fabricados en la ECOT “Cayo Santa María” en los años 2013 y 2014 como parte de la realización de trabajos de diplomas del CIDEM en la temática de retracción de los hormigones fabricados en la Cayería Norte de Villa Clara. Los hormigones estudiados se corresponden con los definidos para los muros de los *bungalows*.

El trabajo experimental realizado evalúa la influencia de la retracción por secado en los diferentes especímenes de hormigón de los *bungalows*, para ello se someten diferentes series de probetas a estudio, una vez elaboradas en diferentes edades, con el objetivo de comprobar el comportamiento de la retracción a través del tiempo, cambios volumétricos y finalmente evaluar los impactos del encogimiento autógeno.

### **2.2 Selección de especímenes de hormigón para la evaluación del fenómeno de la retracción**

El proceso de selección de las series de probetas a emplear tuvo en cuenta el tiempo, fabricadas por Herrera (2014) y Moreno (2013), de forma tal que las muestras mantienen una relación estrecha en cuanto a las características de los materiales constituyentes para su elaboración.

Se seleccionó de las muestras del trabajo de Moreno (2013), 8 dosificaciones fabricadas a partir de áridos gruesos y finos de la cantera Mariano Pérez, conocida por El Purio, cemento de la fábrica Karl Marx, Cienfuegos y adición puzolánica, tobas zeolítica Tasajera en Villa Clara.

El ajuste y la evaluación de las diferentes mezclas se realizó a partir de modificar la dosificación utilizada en Cayo Santa María (Ver Tabla 2.1), la cual está

certificada para la ejecución de los muros de *bungalows* de las instalaciones hoteleras de Cayo Santa María por el Centro de Servicios Técnicos de Ingeniería y Tecnología de la Construcción (CITEC).

Tabla 2.1 Dosificación empleada en Cayo Santa María.

<b>Dosificación 30 MPa <i>Bungalows</i></b>	
Cemento (Cienfuegos)	390 kg
Agua	190 l
Arena (Purio)	902 kg
Gravilla (Purio)	857 kg
Aditivo N-100 (1.1%)	3.8 l
Aditivo N-200 (0.8%)	2.9 l
Asentamiento	18-22 cm

Con la elaboración de las mezclas se pretendía caracterizar el efecto de la reducción de la cantidad de cemento y la relación a/c, así como el efecto que produce en la retracción la sustitución de cemento por determinados por cientos de puzolanas, y la simulación de las indisciplinas tecnológicas cometidas en obra.

A partir de lo antes mencionado, se conformaron dos conjuntos de variantes de mezclas: conjunto de variantes sin adiciones y conjunto de variantes con adición de toba zeolítica. El conjunto de variantes sin adiciones evalúa las posibilidades de reducción de la relación a/c al valor de 0.40 y de cemento al mínimo (350 kg), establecido por la NC 120: 2004 "Hormigón Hidráulico. Especificaciones". El conjunto de variantes con adición comprende mezclas con sustituciones del 10 % y 15 % de las cantidades de cemento por toba zeolítica Tasajera y relación a/c de 0.40.

Con el objetivo de simular las indisciplinas tecnológicas que afectan la calidad de los hormigones que se producen, se prepararon mezclas con las mismas características anteriores, pero incrementando en un 30 % la relación a/c. De esta manera las mezclas a analizar que quedaron conformadas por Moreno (2013), se aprecian en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Resumen de las dosificaciones empleadas (2013).

Materiales	HN0.40	HN0.52	HCM0.40	HCM0.52	H10Z0.40	H10Z0.52	H15Z0.40	H15Z0.52
Cemento (kg)	390	390	350	350	351	332	332	332
Arena (kg)	902	902	902	902	902	902	902	902
Gravilla (kg)	857	857	857	857	857	857	857	857
Agua (l)	156	202	140	182	151	197	149	193.7
Aditivo N-100	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Aditivo N-200	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
Zeolita (kg)	-	-	-	-	27	27	40.5	40.5

Donde:

1. HN 0.40: Hormigón normal,  $a/c=0.40$ .
2. HN 0.52: Hormigón normal,  $a/c=0.52$ .
3. HCM 0.40: Hormigón con cemento mínimo,  $a/c=0.40$ .
4. HCM 0.52: Hormigón con cemento mínimo,  $a/c= 0.52$ .
5. H10Z 0.40: Hormigón con adición de Zeolita al 10 %,  $a/c = 0.40$ .
6. H10Z 0.52: Hormigón con adición de Zeolita al 10 %,  $a/c = 0.52$ .
7. H15Z 0.40: Hormigón con adición de Zeolita al 15 %,  $a/c = 0.40$ .
8. H15Z 0.52: Hormigón con adición de Zeolita al 15 %,  $a/c = 0.52$ .

Los especímenes de hormigón seleccionadas de las muestras de Herrera (2014) fueron elaborados con hormigones tomados directamente de la planta de forma aleatoria durante el proceso de control de la calidad. Ver Tabla 2.3

Tabla 2.3 Dosificación de mezclas de hormigón tomadas de la planta (2014).

Muestras			Cemento P-350		Zeolita	Agua	Arena		Gravilla		Aditivo		Asenta.	a/c
No.	ID. Laborat.	ID. Planta	Origen	(Kg)	(Kg)	Cant. (Lt)	Origen	(Kg)	Origen	(Kg)	Tipo	(Lt)	(cm)	
MH1	Patrón	648	Cienfuegos	390	0	190	Purio	902	Purio	857	N 100 rc	3,9	21	0.49
MH2	CPP+Z	650	Cienfuegos	351	27	190	Purio	902	Purio	857	N 100 rc	3.9	21	0.50
MH10	CPHP	634	Cienfuegos	390	0	200	70%Purio 30% Hoyo	796	Purio	897	N 100 rc	3.9	21	0.51

### 2.3 Caracterización de los materiales constituyentes de los especímenes de hormigón (Moreno 2013)

Los materiales empleados en la elaboración de los hormigones que se analizaron en el 2013 por Moreno, son los mismos que se utilizan en Cayo Santa María, cuyas principales características se muestran a continuación:

❖ Árido fino y grueso

El árido grueso es una gravilla fracción (10-5mm), que procede de la trituración de rocas calizas de la Cantera Mariano Pérez “El Purio” ubicada en Encrucijada, Provincia Villa Clara. Ver Foto 2.1 y 2.2. Las características físico mecánicas se muestran en las Tabla 2.4 y 2.4.1.



Foto 2.1 Cantera Mariano Pérez “El Purio”.



Foto 2.2 Áridos fino a) y grueso b).

Tabla 2.4 Propiedades del árido grueso de la cantera "El Purio".

Gravilla El Purio			
Ensayos	Valores	Norma utilizada	Especificaciones
Peso específico corriente	2.53 g/cm <sup>3</sup>	NC 187/02	>2.5
Peso específico saturado	2.60 g/cm <sup>3</sup>	NC 187/02	-
Peso específico aparente	2.70 g/cm <sup>3</sup>	NC 187/02	-
Peso unitario suelto	1408 kg/cm <sup>3</sup>	NC 181/02	-
Peso unitario compactado	1530 kg/cm <sup>3</sup>	NC 181/02	-
% de absorción	2.42	NC 187/02	< 3
% de tamiz 200	0.21	NC 182/02	< 5 para honrmigón.
% de planas y alargadas	6.51	NC 189/02	-
% de terrones de arcilla	0.18	NC 179/02	< 1
% de huecos	39.84	NC 177/02	-
Tamaño máximo del árido	19.1 mm		-

Tabla 2.4.1 Comportamiento granulométrico Gravilla: Según NC 178/02.

Análisis granulométrico: Según NC 178/02			
Tamiz (mm)	% Pasado	% de Especificaciones	
25.4	100	100	100
19.1	96*	90	100
12.7	61**	20	55
9.52	20**	0	15
4.75	1*	0	5

(\*) Conforme (\*\*) No conforme

Tabla 2.5 Propiedades del árido fino de la cantera Mariano Pérez "El Purio"

Árido fino			
Ensayos	Valores	Norma utilizada	Especificaciones
Peso específico corriente	2.57 g/cm <sup>3</sup>	NC 187/02	>2.5
Peso específico saturado	2.63 g/cm <sup>3</sup>	NC 187/02	-
Peso específico aparente	2.72 g/cm <sup>3</sup>	NC 187/02	-
Peso unitario suelto	1491 kg/cm <sup>3</sup>	NC 181/02	-
Peso unitario compactado	1724 kg/cm <sup>3</sup>	NC 181/02	-
% de absorción	2.65	NC 187/02	< 3
% de tamiz 200	3.65	NC 182/02	< 5 para hormigones
% de terrones de arcilla	0.18	NC 179/02	< 1
% de huecos	33.02	NC 177/02	-
Módulo de finura	3.56		-

Tabla 2.5.1 Análisis granulométrico Arena: Según NC 178/02

Análisis granulométrico: Según NC 178/02			
Tamiz (mm)	% Pasado	% de Especificaciones	
9.52	100	100	100
4.75	98*	90	100
2.38	68**	70	100
1.19	41**	45	80
0.59	22**	25	60
0.297	11*	10	30
0.149	4*	2	10

(\*) Conforme (\*\*) No conforme

❖ **Cemento Portland**

El cemento que se utiliza en la elaboración de las probetas es el P-350 producido en la fábrica Karl Marx de Cienfuegos, el que presenta las siguientes características. Ver Tabla 2.6 y Foto 2.3.

Tabla 2.6. Propiedades físico-mecánicas del cemento P 350 de Cienfuegos.

Ensayos	Resultados	Norma utilizada
Determinación de la densidad	3.08g/cm <sup>3</sup>	NC 523/2007
Determinación de la superficie específica	3079	NC 198/2007
Determinación de la consistencia normal	24.6 %	NC 524/2007
Determinación del fraguado inicial	110 min	NC 524/2007
Determinación del fraguado final	3h 50 min	
Determinación del peso volumétrico	1163Kg/m <sup>3</sup>	NC 199/2007
Determinación de la finura	3.3 %	



Foto 2.3 Cemento P-35 de la fábrica Karl Marx de Cienfuegos.

❖ **Zeolita**

Esta proviene del yacimiento de Tasajeras ubicado en San Juan de los Yeras en el municipio de Ranchuelo y se denomina Zoad:



Foto 2.4 Zeolita.

Tabla 2.7 Propiedades físicas de la zeolita.

Ensayos	Valores	Norma utilizada	Especificaciones
Peso específico corriente	1.81 g/cm <sup>3</sup>	NC 187/02	>2.5
Peso específico saturado	2.02 g/cm <sup>3</sup>	NC 187/02	-
Peso específico aparente	2.30 g/cm <sup>3</sup>	NC 187/02	-
Peso unitario suelto	1076 kg/cm <sup>3</sup>	NC 181/02	-
Peso unitario compactado	1249 kg/cm <sup>3</sup>	NC 181/02	-
% de absorción	11.66	NC 186/02	< 3
% de tamiz 200	20.81	NC 182/02	< 5 para hormigones
% de terrones de arcilla	0.00	NC 179/02	< 1
% de huecos	31.03	NC 177/02	-
Módulo de finura	1.65		-

Tabla 2.7.1 Análisis granulométrico Zeolita: Según NC 178/02.

Análisis granulométrico: Según NC 178/02			
Tamiz (mm)	% Pasado	% de Especificaciones	
9.52	100	100	100
4.75	100*	90	100
2.38	100*	70	100
1.19	100**	45	80
0.59	71**	25	60
0.297	42**	10	30
0.149	23**	2	10

(\*) Conforme (\*\*) No conforme

### ❖ **Aditivo**

Los aditivos que se utilizaron en la elaboración de los especímenes de hormigón que se analizan en la investigación son los mismos que se emplean en Cayo Santa María, N-100 RC y N-200, los cuales mejoran las propiedades de dichos hormigones.

EL **N-100 RC** es un superfluidificante de alta concentración, reductor de agua y retardador formulado para climas calientes.



Foto 2.5 Aditivo N 100 RC.

### **Características principales:**

Aditivo líquido a base de una mezcla de policarboxilatos modificados con una notable propiedad superfluidificante y retardante, aumenta la trabajabilidad del hormigón, logra reducir la relación agua-cemento, proporcionándole una adecuada permeabilidad y una alta resistencia mecánica.

### **Propiedades:**

- Fuerte reducción de la relación agua-cemento sin alterar la laborabilidad.
- Reducción del fenómeno de sangrado *bleeding* en mezclas de elevados asentamientos.
- Incremento de la resistencia mecánica a la compresión.

**Datos técnicos:**

Peso específico:  $1.165 \pm 0.02$  kg /lt a 20°C

Producto activo: 39%

Acción principal: reducción de agua y/o aumento de la laborabilidad

Acción colateral: retraso de la hidratación inicial, conservación de la laborabilidad

Clasificación: tipo G según ASTM C494

El **Mapefluid N-200** es un aditivo líquido súper fluidificante de moderada acción para hormigones de alta calidad. Se acción defloculante se utiliza para reducir el consumo de cemento o la relación a/c, según la característica que se desee aumentar; para incrementar la resistencia mecánica al reducir el contenido de agua, y para aumentar la laborabilidad respecto al hormigón sin aditivo.



Foto 2.6 Aditivo Mapefluid N-200.

**Características principales:**

Es una solución acuosa al 40% de polímeros activos, capaces de dispersar los granos del cemento. Tiene la capacidad de reducir el agua al 27 % que determina el alcance de resistencias mecánicas mayores. Se agrega el producto a la hormigonera después de introducir los demás ingredientes, en proporciones de 0.5, 1.0 y 1.5 % respectivamente.

**Datos técnicos:**

Peso específico: 1.20 a 15°C ± 0.02 a 20°C

Producto activo: 40%

Acción principal: Reducción de agua y/o aumento del rendimiento.

**2.4 Caracterización de los materiales constituyentes de los especímenes de hormigón (Herrera 2014)**

❖ **Áridos grueso**

Tabla 2.8 Propiedades del árido grueso de la cantera “El Purio”

Gravilla-El Purio		Análisis Granulométrico				
Ensayos	Valores	Tamiz (mm)	% Pasa	Norma	Conf.	
Peso específico corriente (g/cm <sup>3</sup> )	2,53	1	25,4	100	100	<b>C</b>
Peso específico saturado (g/cm <sup>3</sup> )	2,58	¾	19,1	98	90-100	<b>C</b>
Peso específico aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2,66	½	12,7	57	20-55	<b>NC</b>
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1404	¾	9,52	25	0-15	<b>NC</b>
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1508	N-4	4,76	4	0-5	<b>C</b>
Absorción (%)	2	N-8	2,38	2		
Partículas planas y alargadas (%)	6,1	N-16	1,19	1		
Terrones de arcilla (%)	0,1	N-200	0,074	0		
% de huecos (%)	39,2	Fondo		0		
Tamaño máximo del árido (mm)	19,1					

❖ **Árido fino**

Los áridos finos provienen de la cantera Mariano Pérez “El Purio”, fracción (5-0).

*Capítulo II: Experimentación de la retracción de especímenes de hormigón en lotes producidos en trabajos de investigación del CIDEM en 2013-2014.*

Tabla 2.9 Propiedades del árido fino de la El Purio.

Arena-Purio		Análisis Granulométrico				
Ensayos	Valores	Tamiz (mm)	% Pasa	Norma	Conf.	
Peso específico corriente (g/cm <sup>3</sup> )	2,63	¾	9,52	100	100	<b>C</b>
Peso específico saturado (g/cm <sup>3</sup> )	2,64	N-4	4,76	99	90-100	<b>C</b>
Peso específico aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2,72	N-8	2,38	79	70-100	<b>C</b>
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1536	N-16	1,19	51	45-80	<b>C</b>
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1698	N-30	0,59	30	25-60	<b>C</b>
Absorción (%)	1,24	N-50	0,297	13	10 -- 30	<b>C</b>
Mat. Más fino que tamiz 200 (%)	0	N-100	0,149	5	2 --10	<b>C</b>
Terrones de arcilla (%)	0,15	N-200	0,074	0		
% de huecos (%)	36,3	Fondo		0		
Tamaño máximo del árido (mm)	9,52	M. Finura		3,2	2.2 - 3.58	<b>C</b>

❖ **Cemento**

Las muestras son elaboradas mayoritariamente con cemento P-35 de la fábrica “Karl Marx” de Cienfuegos.

Tabla 2.10 Propiedades físico-mecánicas del cemento P- 35 de Cienfuegos.

Cemento Cienfuegos			
Ensayo	Resultado	Especificación	Conf.
Tiempo de fraguado inicial (min)	150	≥45	<b>C</b>
Tiempo de fraguado final (h)	4:20	≤10	<b>C</b>
Consistencia Normal (%)	24,6	-	-
Finura de Molido (%)	6,5	-	-
P.U. Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	-	-	-
P.E. Real del cemento (g/cm <sup>3</sup> )	3,08	-	-
Resistencia Comp. 7 días (MPa)	35,5	≥25	<b>C</b>
Resistencia Flexo-Tracc. 7 días (MPa)	8,6	-	-
Resistencia Comp. 28 días (MPa)	42,4	≥35	<b>C</b>
Resistencia Flexo-Tracc. 28 días (MPa)	9,5	-	-

❖ **Aditivo**

En la conformación de las muestras se trabajó con el mismo aditivo empleado en las mezclas de Moreno, con propiedades reductoras de la retracción cuyo aditivo es N100 RC.

❖ **Toba Zeolítica**

Esta proviene del yacimiento de Tasajeras al igual que la empleada en los especímenes de hormigón fabricados por Moreno (2013), siendo las tablas de sus propiedades físicas y análisis granulométrico ídem a las anteriores.

**2.5 Método del ensayo de retracción por secado**

El ensayo de retracción por secado se realiza conforme a la norma ASTM C-157 “Método estándar para el cálculo de cambios de longitud en morteros y concretos”, en ella se plantea como requerimiento el posible empleo de 2 tipos de probetas prismáticas en dependencia del Tamaño Máximo del árido empleado en las mezclas:

- ✓ 100x100x285 mm para TM de hasta 50 mm
- ✓ 75x75x285 mm para TM de hasta 25 mm



Foto 2.7 Probetas de hormigón.

El trabajo experimental fue desarrollado con árido grueso de TM 19.1mm, por lo que se trabajó la probeta 75 mm x 75 mm x 285 mm. Se elaboraran series de 3 probetas por cada condición a ensayar.

En la cara superior e inferior de las probetas se ubican puntos de medición fijos, los cuales constituyen referencias constantes e invariables para realizar las mediciones posteriores.



Foto 2.8 Puntos fijos de medición.

Las mediciones se realizan con un defómetro de precisión 0.001mm siguiendo la siguiente metodología:

- Se selecciona un “graduador” (equipamiento de longitud invariable).
- Medición de la longitud real del “comparador” (285 mm). Esta es tarada en el defómetro utilizado (la longitud de deformación de referencia del comparador es 250 mm).



Foto 2.9 Tarado de la longitud del comparador.

- Se mide la probeta por sus 4 caras.
- Registrar la diferencia de las lecturas entre la muestra y el “graduador”
- Cálculo de la deformación a través de la expresión:

$$\Delta L_x = \frac{CDR - initial\ CRD}{G} \times 100 \quad (1) \qquad \Delta L_x = \frac{CDR - initial\ CRD}{G} \times 1000000 \quad (2)$$

Dónde:

$\Delta L$ = Deformación de la muestra a cualquier edad, expresada en % (1) y  $\mu\text{m}$  (2).

CRD=Diferencia entre el “graduador” empleado y la muestra a cualquier edad.

G= Longitud del “graduador” (250 mm).

- Se calcula la media entre las deformaciones de las 4 caras, obteniendo así la deformación de 1 muestra.
- Se determina la media entre las deformaciones de las 3 muestras.
- Se grafica la Deformación ( $\Delta L$ ) versus Tiempo (días) para cada condición ensayada.
- Pesaje de las muestras (Opcional, puede ser posible en días alternos).

El experimento simula condiciones ambientales reales existentes en el Cayo Santa María implementando 2 regímenes diferentes de curado:

❖ **Régimen “Sol”**

Se simula la parte exterior de la obra, donde los muros alcanzan hasta 60°C con una humedad relativa de 90%. Para lograr dichos parámetros, las muestras se guardan en una estufa marca Heraeus. Se controla la temperatura con un termómetro y la humedad con un hidrómetro. Ver Foto 2.10.

Las muestras estarán bajo este régimen hasta alcanzar peso constante, de ahí la importancia de la medición del peso de la probeta cada vez que se mida su variación de longitud. De igual manera en este ciclo las mediciones se hacen diariamente utilizando la balanza de la Foto 2.11.



Foto 2.10 Estufa de curado en el ciclo sol.



Foto 2.11 Balanza utilizada en la medición del peso.

### ❖ Régimen “Sombra”

Se exponen las muestras a condiciones equivalentes a la de una habitación cuando es encendido el aire acondicionado, donde se experimentan temperaturas de 22-25°C y humedad relativa de 45-50%. Para ello se introducen las probetas en una habitación climatizada donde puedan controlarse continuamente los parámetros de humedad y temperatura. Se prosigue a la medición de la deformación, tal y como fue expuesto anteriormente hasta alcanzar peso constante.



Foto 2.12 Muestras colocadas en habitación climatizada.

En una gráfica de deformación ( $\Delta L$ ) contra tiempo (días), de ambos regímenes, puede apreciarse la retracción que se genera en el hormigón, producto del secado por la variación de la humedad relativa al encenderse los aires acondicionados dentro de las habitaciones cuando el *bungalow* entra en explotación.

La Figura 2.13 muestra los equipos empleados en el control de la temperatura y humedad en el set de ensayo.



Foto 2.13 Equipos empleados para controlar la temperatura y la humedad en la habitación climatizada: Ciclo Sombra.

## 2.6 Conclusiones parciales

- La aplicación del procedimiento que se indica en la ASTM C-157 “Método estándar de cambio de longitud para morteros y hormigones” ha permitido

la evaluación de los cambios de volumen que experimentan mezclas de hormigón en el tiempo.

- La utilización del método de ciclos de sol y sombra a series de hormigón en el tiempo, permite evaluar el comportamiento de los cambio de volumen de diferentes mezclas, simulando las condiciones ambientales reales a las que se encuentran sometidas las construcciones de hormigón en Cayo Santa María.
- El medidor comparativo o defómetro a utilizar en los ensayos no coincide con el utilizado en las mediciones de la retracción del año 2013. Su estado técnico se evalúa de aceptable.

## CAPÍTULO 3. Análisis de resultados

### 3.1 Introducción

El trabajo experimental desarrollado comprendió la realización del ensayo de retracción por secado en ciclos de sol y sombra, de las muestras elaboradas por Moreno 2013 y Herrera 2014 que permanecieron en la tina de curado hasta el momento del ensayo.

No fueron consideradas en el análisis las mezclas de Moreno 2013 con presencia de arena sílice H20S0.40, H20S0.52, H15S0.40 y H15S0.52 por no tener compatibilidad con los especímenes seleccionados de las mezclas de Herrera 2014. A continuación se presentan los resultados de deformación obtenidos en cada una de las mezclas por la autora:

Tabla 3.1 Deformaciones por día Ciclo Sol.

$\Delta L$ (mm/mm) $\times 10^{-6}$ Acumulativo (Ciclo Sol)							
Dosificación	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
HN 0.40	-43,444	-43,555	-71,666	-114,333	-147,666	-174,111	-189,889
HN 0.52	-21,444	-19,889	2,333	-13,445	-0,112	-13,667	-16,333
HCM 0.40	29,917	8,361	-22,417	-56,083	-82,861	-59,889	-75,500
HCM 0.52	77,667	56,223	-23,999	-55,666	-110,444	-56,444	-89,778
H10Z 0.40	-23,778	-51,444	-49,778	-69,333	-112,222	-57,000	-68,000
H10Z 0.52	-53,444	-67,333	-90,111	-134,333	-159,111	-53,000	-75,000
H15Z 0.40	53,667	19,110	-35,556	-94,668	-109,001	-57,111	-73,000
H15Z 0.52	26,111	-6,111	-59,222	-191,777	-239,222	-127,778	-124,889

Capítulo III: Analisis de los resultados.

Tabla 3.2 Deformaciones por día Ciclo Sombra.

$\Delta L$ (mm/mm) $\times 10^{-6}$ Acumulativo (Ciclo Sombra)						
Dosificación	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
HN 0.40	-288,222	-289,111	-292,111	-293,555	-305,666	-312,111
HN 0.52	-122,778	-107,556	-105,778	-120,889	-123,222	-120,000
HCM 0.40	-149,333	-143,556	-142,667	-152,333	-153,667	-151,889
HCM 0.52	-228,778	-230,111	-228,222	-230,444	-243,889	-244,000
H10Z 0.40	-161,000	-160,556	-161,444	-171,778	-177,222	-180,000
H10Z 0.52	-150,889	-151,111	-144,889	-163,667	-165,889	-167,000
H15Z 0.40	-153,778	-162,667	-154,667	-160,222	-165,222	-164,667
H15Z 0.52	-220,778	-236,222	-226,111	-225,778	-234,111	-235,333

3.2 Comparación entre los resultados de Moreno 2013 con los obtenidos por la autora en el 2015

Se establecen la comparación entre los resultados de Moreno y de la autora atendiendo a los siguientes criterios:

❖ Ciclo Sol y Sombra

Los resultados obtenidos por Moreno en 2013 se muestran en la Figura N° 3.1.

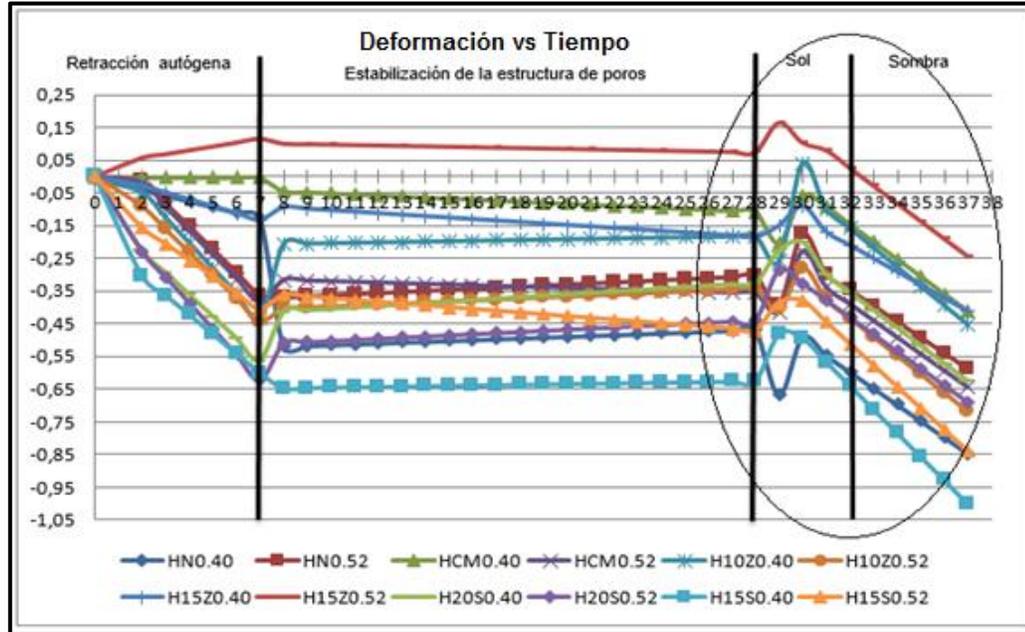


Figura N° 3.1 Gráfico general de Deformación ( $\Delta L$ ) vs Tiempo obtenido por Moreno 2013.

Al realizar el ensayo de retracción por secado, ciclo sol y sombra a la edad de 2 años a las muestras confeccionadas por Moreno se obtuvieron los resultados que se muestran en la Figura 3.2.

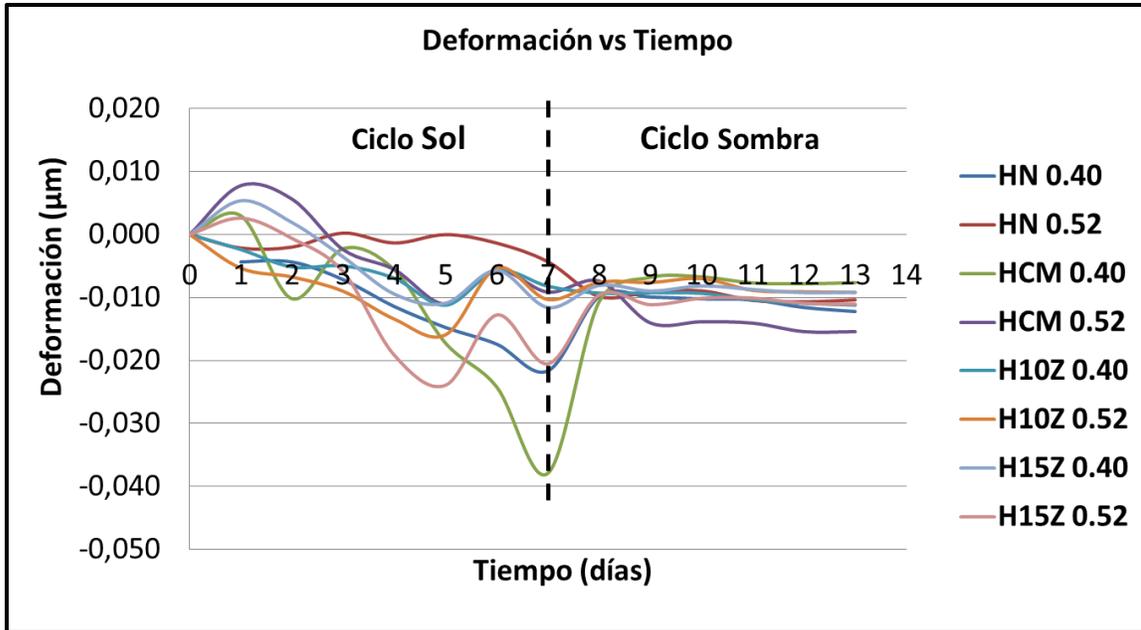


Figura N° 3.2 Gráfico general de Deformación (ΔL) vs Tiempo obtenido por la autora.

Al analizar los resultados de retracción en los ciclos de sol y sombra tanto para Moreno 2013 como para la autora, se aprecia que las muestras en menor o mayor medida se retraen.

#### ❖ Deformación por secado

La deformación que se produce debido a la retracción por secado del hormigón, se calcula como la diferencia de deformación entre el régimen Sol y Sombra, es decir la diferencia entre el último día de medición de cada ciclo, el valor obtenido representa el gradiente real que experimentan los muros al estar sometidos a estas temperaturas y humedades según la siguiente expresión:

$$\Delta L_{\text{Secado}} = \Delta L_{\text{Sombra}} - \Delta L_{\text{Sol}}$$

### Capítulo III: Análisis de los resultados.

La Figura 3.3 muestra los resultados obtenidos por Moreno 2013. La Tabla 3.1 y Figura 3.4 muestra los resultados obtenidos por la autora en el 2015.

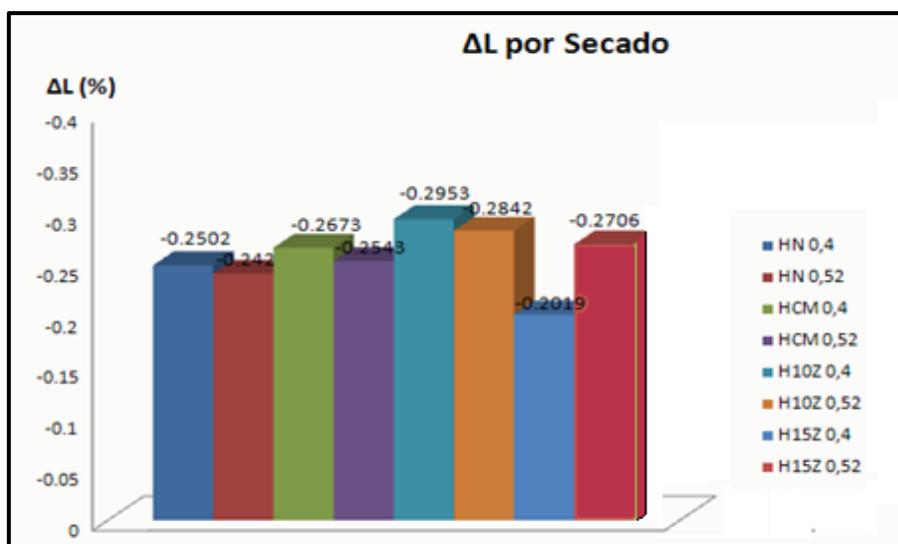


Figura 3.3 ΔL por Secado por mezcla de Moreno.

Tabla 3.3 Resultados de deformación por secado de cada dosificación.

Dosificaciones	ΔL Final Ciclo Sombra	ΔL Final Ciclo Sol	ΔL por Secado
HN0.40	-0,0312	-0,0189	-0,0122
HN0.52	-0,012	-0,0016	-0,0104
HCM0.40	-0,0152	-0,0076	-0,0076
HCM0.52	-0,0152	-0,0089	-0,0062
H10Z0.40	-0,018	-0,0068	-0,0112
H10Z0.52	-0,0167	-0,0075	-0,0092
H15Z0.40	-0,0165	-0,0073	-0,0092
H15Z0.52	-0,0235	-0,0125	-0,011

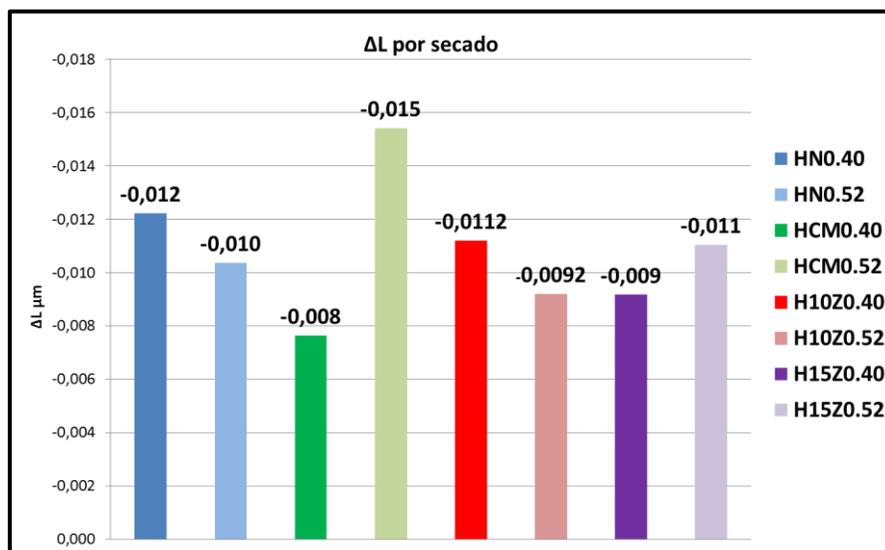


Figura 3.4 ΔL por Secado por mezcla de la autora.

Los resultados obtenidos por Moreno 2013 definen a la mezcla H15Z 0.40 como la de mejor comportamiento ante la retracción por secado, definiendo con mayores valores de retracción la mezcla H10Z 0.40. A la edad de dos años el mejor comportamiento lo define la mezcla HCM 0.40 con los menores valores y la HCM 0.52 con los mayores valores de retracción.

La autora coincide con Moreno en que los resultados obtenidos en el 2013, pueden estar dados por la cantidad de toba zeolítica presente en el sistema. Los resultados a los dos años resultan contradictorios, al no mantenerse estas mezclas con los menores valores de retracción, dado por la continuidad de la reacción puzolánica en el tiempo en condiciones de humedad garantizadas a las muestras.

La autora considera que los resultados obtenidos a los dos años son satisfactorios, si se tiene en cuenta que la retracción depende directamente de las cantidades de cemento y agua e inversamente de la relación que se establece entre estos dos materiales.

❖ Relación a/c

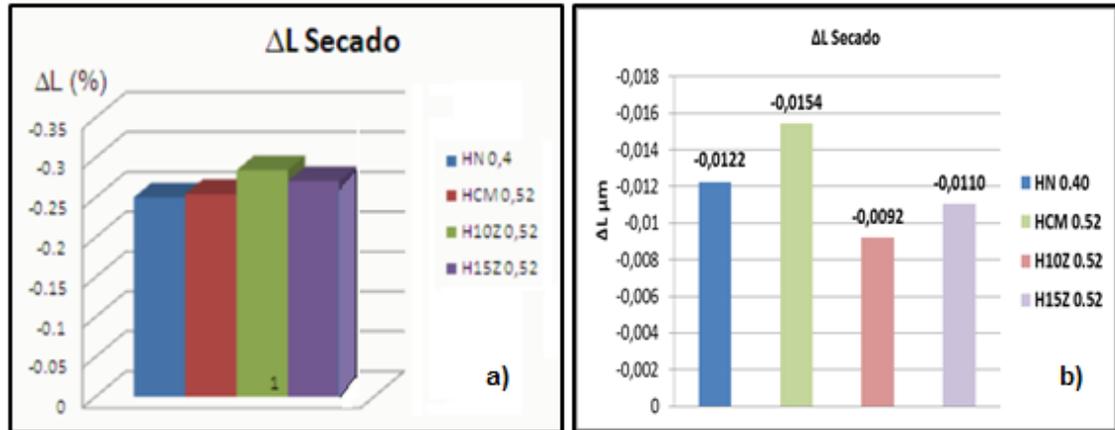


Figura 3.5 Influencia relación a/c en la retracción por secado. a) Moreno 2013, b) Autora.

La Figura 3.5 a) muestra que el contenido de agua de las mezclas influye negativamente en la retracción por secado de los hormigones, ya que un aumento de la cantidad de agua, implica en cualquier caso un aumento de la porosidad capilar y la consiguiente disminución de la resistencia. En cambio a los dos años, ver Figura 3.5 b), no presenta la misma influencia, destacándose la mezcla con 10% de zeolita y 0.52 de relación a/c con la menor retracción de todas.

❖ Contenido de cemento

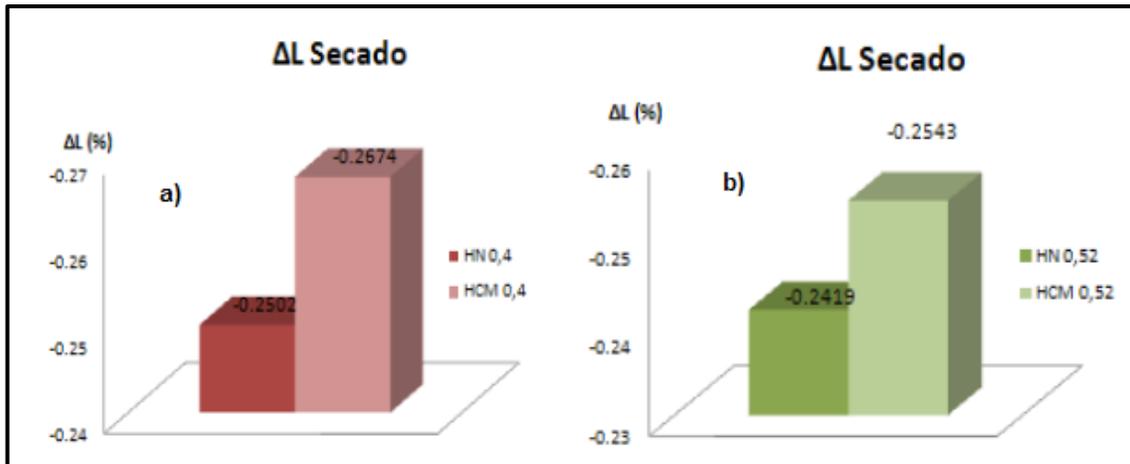


Figura 3.6 Influencia del contenido de cemento en la retracción por secado. Moreno 2013. a) a/c = 0,4, b) a/c = 0.52.

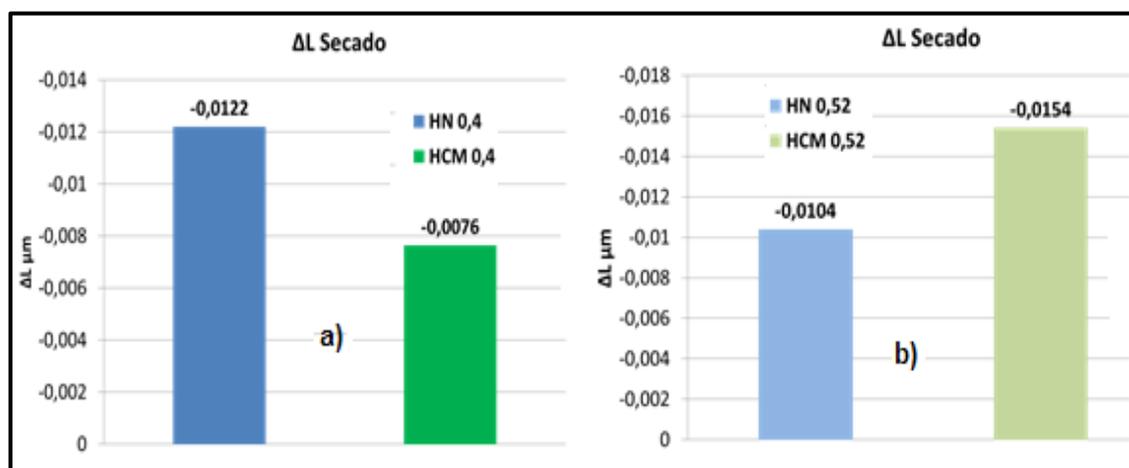


Figura 3.7 Influencia del contenido de cemento en la retracción por secado. Autora. a)  $a/c = 0,4$ , b)  $a/c = 0.52$ .

Se aprecia en los resultados obtenidos por Moreno 2013, que la propuesta de utilizar cemento mínimo en la elaboración de los hormigones tampoco favorece el comportamiento de estos ante el fenómeno de la retracción por secado, ya que la deformación que se produce en las muestras con cemento mínimo está en el orden de 1.07 veces mayor que el cemento normal para relación  $a/c$  0.40 y de 1.05 para  $a/c$  0.52. A los dos años el efecto se mantiene en la mezcla HCM con relación  $a/c$  0.52 en 1,48 veces que la de cemento normal, no así en la mezcla HN con relación  $a/c$  0.40 que la retracción es 1.61 veces menor que en la HCM.

Del análisis anterior donde se estudia la influencia de la variación del contenido de cemento en la retracción por secado de los hormigones, se demuestra que la reducción de la cantidad de cemento aumenta la retracción, en relaciones  $a/c$  grandes como es el caso del uso de 0.52, no así para la relación  $a/c$  de 0.40 que ofrece el mejor comportamiento a los dos años.

❖ Adición de Toba Zeolítica

La Figura N° 3.8 muestra los valores de retracción de las muestras elaboradas con toba zeolítica para las relaciones a/c 0.40 y 0.52.

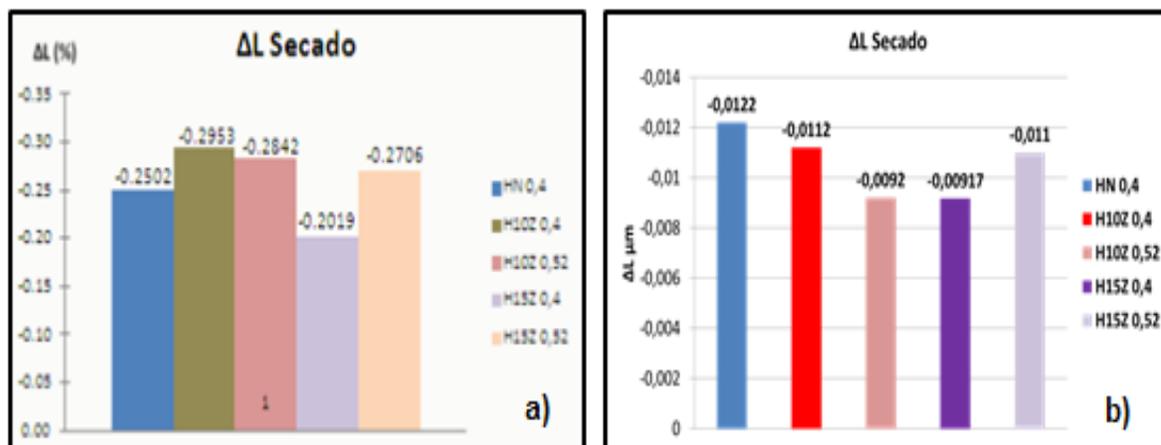


Figura N° 3.8 Influencia del contenido de toba zeolítica a) Moreno, b) Autora

Al analizar los resultados obtenidos por Moreno con los resultados a dos años se aprecia que la mezcla H15 0.40 se mantiene como la de mejor comportamiento ante la retracción por secado, siendo 1.33 veces inferior a la patrón. Por otra parte, se aprecia que a los dos años la adición de toba zeolítica en las mezclas contribuye a la reducción de la retracción al ser comparada con la retracción definida por la mezcla patrón. Lo anterior puede venir dado por la densificación de la matriz como consecuencia de la reacción puzolánica.

### 3.3 Comparación entre los resultados de Herrera 2014 con los obtenidos por la autora en el 2015

Se presenta la comparación de solo tres mezclas, mezcla Patrón, CPP+Z y CPHP, confeccionadas por Herrera en el 2014 y analizadas por la autora en el 2015. Se indican los valores positivos las expansiones los valores negativos las retracciones experimentadas por las muestras

Los resultados de retracción por secado obtenidos en ciclos sol y sombra por Herrera se muestran en la Figura N° 3.9. Los resultados obtenidos por la autora a un año se muestran en la Figura N° 3.10 y en las Tablas 3.4 y 3.5.

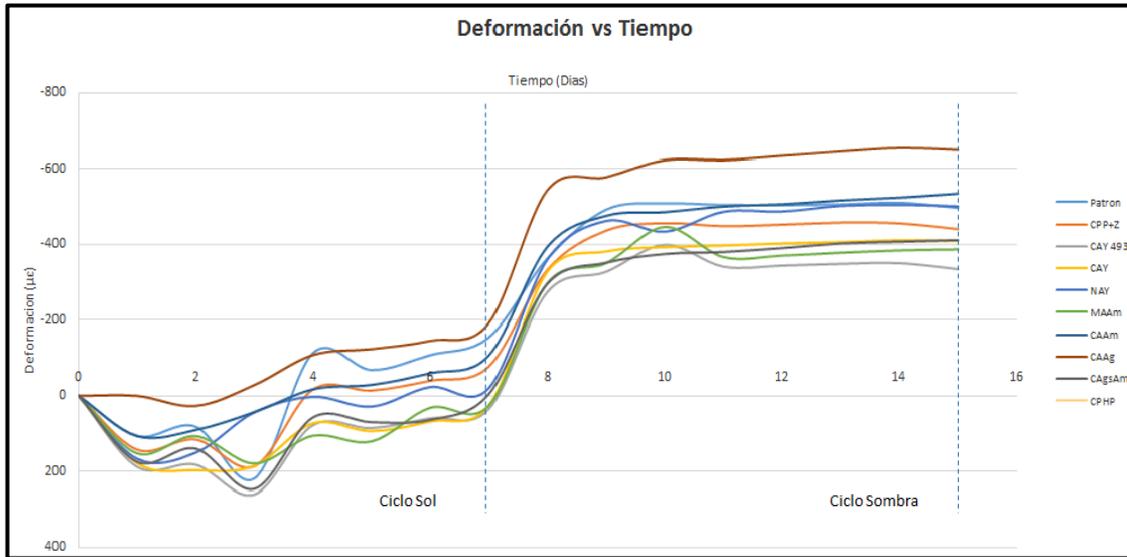


Figura N° 3.9 Retracción experimentada por las muestras de Herrera 2014.

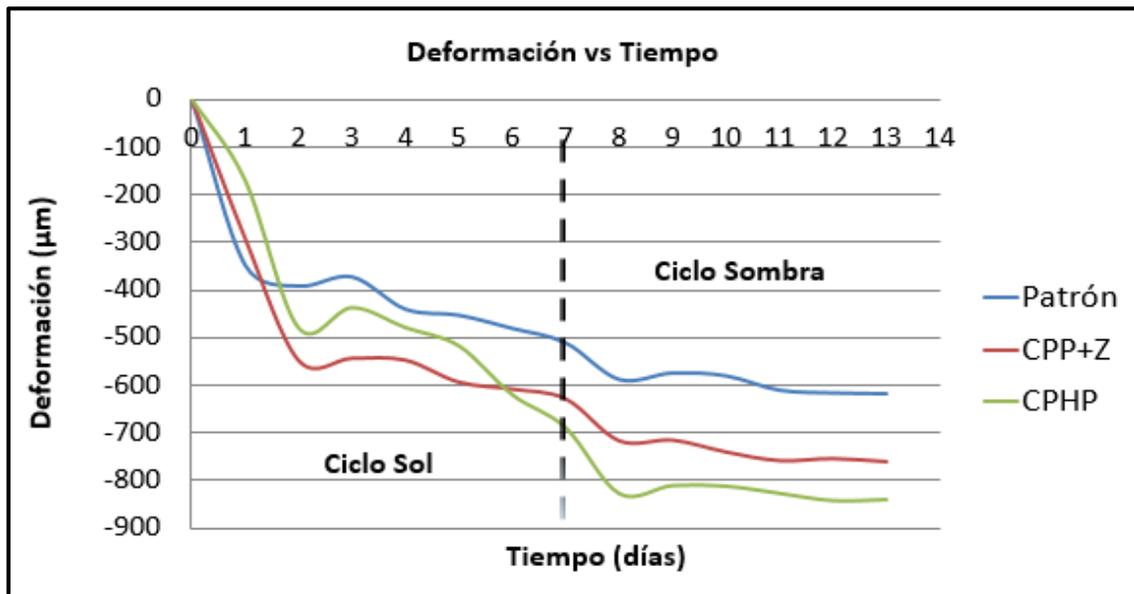


Figura 3.10. Retracción experimentada por las muestras de la autora 2015.

Tabla 3.4. Resultados de las deformaciones por día Ciclo Sol

$\Delta L$ (mm/mm) $\times 10^{-6}$ Acumulativo (Ciclo Sol)							
Dosificación	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Patrón	-348,000	-392,222	-372,889	-440,667	-453,333	-480,889	-511,444
CPP+Z	-291,889	-547,556	-543,333	-547,111	-593,222	-607,778	-628,333
CPHP	-170,333	-479,778	437,222	-479,222	-517,444	-619,889	-689,222

### Capítulo III: Análisis de los resultados.

Tabla 3.5. Resultados de las deformaciones por día Ciclo Sombra.

$\Delta L$ (mm/mm) $\times 10^{-6}$ Acumulativo (Ciclo Sombra)						
Dosificación	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
Patrón	-588,000	-574,222	-580,400	-610,444	-616,111	-617,778
CPP+Z	-716,111	-714,556	-739,556	-757,556	-753,222	-759,778
CPHP	-827,111	-810,111	-811,556	-826,444	-841,667	-839,444

Al determinar los valores de retracción se obtienen los resultados mostrados en las Figuras 3.11 y 3.12 para Herrera y la autora respectivamente

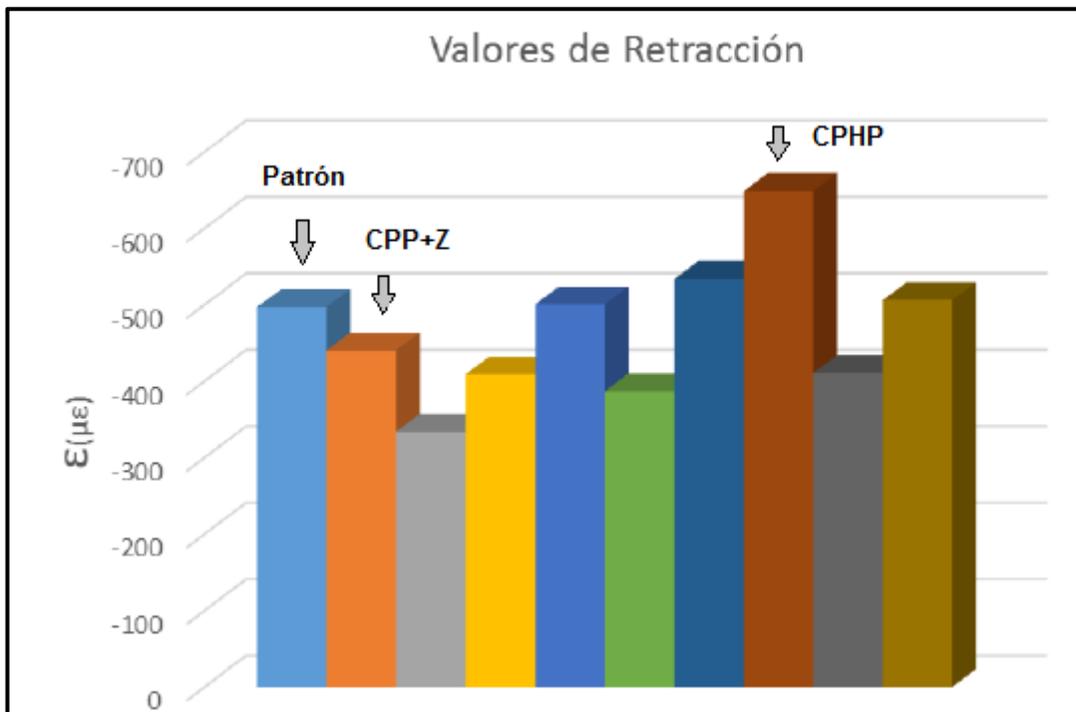


Figura 3.11. Resultados obtenidos por Herrera 2014.

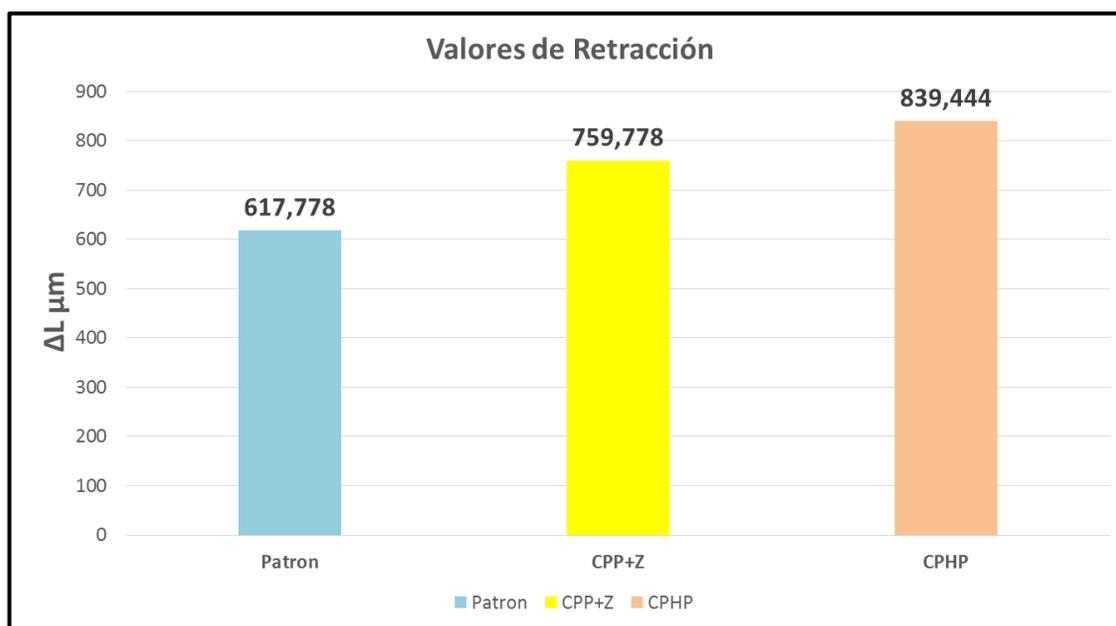


Figura 3.12. Resultados obtenidos por la Autora 2015

Los resultados obtenidos por Herrera muestran que los menores valores de retracción se obtienen para la mezcla con la incorporación de toba zeolítica, siendo el peor resultado con áridos del Purio y del Hoyo de Manicaragua expresados por la mezcla CPHP. A un año de realizados los ensayos presenta mejor comportamiento la mezcla Patrón.

### 3.4 Conclusiones parciales

- Se verifican cambios en el comportamiento de la retracción en las muestras con el tiempo cuando se comparan los valores de retracción obtenidos a 28 días.
- A la edad de 28 días, tanto en los resultados de Moreno como de Herrera la presencia de toba zeolítica en el sistema favorece la disminución de la retracción.
- A la edad de dos años el efecto de disminución de la retracción de la adición de toba zeolítica no se mantiene, definiéndose las mezclas sin adición con el mejor comportamiento.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

- Al comparar los resultados del uso de la zeolita en ambos trabajos se aprecia que la zeolita ofrece al hormigón un mejor comportamiento ante la retracción a edades tempranas que a edades tardías.
- El estudio realizado realmente no puede delimitar con certeza la variabilidad de los parámetros estudiados en las mezclas y su influencia en la retracción.
- Al comparar los resultados las mezclas sin adición mineral tienen un mejor comportamiento a edades tardías.

## **RECOMENDACIONES**

- Continuar los estudios de retracción con diseños que comprendan los estudios en el tiempo.
- Continuar los estudios del efecto de la adición mineral toba zeolítica en la retracción de los hormigones de los *bungalows*.
- Evaluar la retracción en el tiempo para mezclas con similares condiciones de exposición a las experimentadas por los *bungalows*.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ABD Retracción del hormigón en soleras.
- ANFAH. Práctica del hormigón.
- ARQUITECTUBA. 2009. *Propiedades del Hormigón Endurecido* [Online]. Available: [www.arquitectuba.com.ar/monografias-de-rquitectura/propiedades-del-hormigon-endurecido/](http://www.arquitectuba.com.ar/monografias-de-rquitectura/propiedades-del-hormigon-endurecido/).
- ASTM-C-157 2006. Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete.
- AUSTRALIA, C. C. A. 2002. Drying Shrinkage of Cement and Concrete.
- BAUERSFELD, W. 2004. Hormigonería, un canto al hormigón.
- BETANCOURT, S. 2009a. Aditivos para mezclas de hormigón hidráulico.
- BETANCOURT, S. 2009b. Departamento de Ingeniería Civil. UCLV. *Materiales y productos de la construcción*.
- BETANCOURT, S. 2013. Departamento de Ingeniería Civil. UCLV. *Tecnología del Hormigón*.
- CIVIL., E. D. I. T. 2007a. Historia del hormigón.
- CIVIL., E. D. I. T. 2007b. Tipos de hormigón y sus propiedades.
- CONOCIMIENTO, E. D.
- COPELAND, L. E. & BRAGG, R. H. *Self Desiccation in Portland Cement Pastes.*, Portland Cement Association.
- DÍAZ, M. 2012. *Evaluación de la fisuración de hormigones en zonas marinas, producto de cambios autógenos de volumen, específicamente debidos a la retracción por secado*. Universidad Central Marta Abreu de las Villas.
- GARCÍA, E. *Estudio de retracción en una estructura real: estudio teórico y contrastación experimental*. Universidad Alfonso X el Sabio.
- HERMIDA, G., GONZÁLEZ, J. & ROMERO, A. Agrieto luego existo, la retracción del concreto.
- HERRERA, L. L. 2014. *Evaluación de la fisuración de hormigones en estructuras tipo Bungalows provocadas por retracción inducida por gradientes de humedad relativa.*, Universidad Central Marta Abreu de las Villas.
- HOLT, E. E. 2001. *Early Age Autogenous Shrinkage of Concrete*, Espoo.
- IDIART, A. *Análisis numérico de la retracción por secado en muestras de hormigón p. 21-30*. Doctor of Philosophy.
- IMCYC. 2011. *Arte de la tecnología* [Online]. Available: <http://www.imcyc.com/revistacyt/dic11/arttecnologia.html>

## *Referencias Bibliograficas*

---

- LÓPEZ, C. M., SEGURA, J. M., IDIART, A. E. & CAROL, I. 2005. *Mesomechanical Modeling of Drying Shrinkage Using Interface Elements* p. 107-112, France.
- MUNIZAGA, G. A. 2009. “*Fisuración por retracción en hormigones: Influencia del tipo de cemento*”. UNIVERSIDAD DE CHILE.
- NC-120 2014. Hormigón Hidráulico. Especificaciones. La Habana. Cuba: Oficina nacional de normalización (NC)
- NC-168 2002. Hormigón fresco. Determinación del tiempo de fraguado por resistencia a la penetración. La Habana: Oficina nacional de normalización (NC).
- NC-174 2002. Hormigón fresco. Medición del asentamiento por el cono. La Habana: Oficina nacional de normalización (NC).
- NC-222 2002. Hormigón fresco. Determinación de la masa volumétrica, el volumen real, el contenido real de cemento y el contenido teórico del aire. La Habana: Oficina nacional de normalización (NC).
- NC-228-1 2005. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. La Habana. Cuba: Oficina nacional de normalización (NC)
- NC-251 2013. Áridos para hormigones hidráulicos. Requisitos. La Habana: Oficina nacional de normalización (NC)
- NC-353 2004. Aguas para el amasado y curado del hormigón y los morteros. Especificaciones. La Habana: Oficina nacional de normalización (NC)
- NISTAL, Á. F., RETANA MAQUEDA, M. J. & RUIZ ABRIO, T. 2012. El hormigón: Historia, antecedentes en obras y factores indicativos de su resistencia. *TECNOLOGÍA Y DESARROLLO*, X, 16.
- RAMÍREZ, J. A. 2014. *Modelación de patologías provocadas por la retracción en estructuras de hormigón armado. Caso de Estudio: Sistema FORSA*. Universidad Central Marta Abreu de las Villas.
- SANT, G. N. 2009. Fundamental Investigations Related to the Mitigation of Volume Changes in Cement-Based Materials at Early Ages.
- THOMAS, M. D. A., FOLLIARD, K. J. & SCRIVENER, K. 2001. Doctoral Course “Concrete Durabilit”. EPFL.Lausanne, Switzerland.
- TOIRAC, J. 2004. Patología de la construcción grietas y fisuras en obras de hormigón ; origen y prevención. *Ciencia y Sociedad*, 29, 72-114.

## ANEXOS

## Anexo I Mediciones de longitud

Muestras	Probetas	Lecturas Equipo (mm)																$\Delta L$ (mm/mm) x 10 <sup>-6</sup>					$\Delta L$ (mm/mm) x10 <sup>-6</sup>	$\Delta L$ (x10 <sup>-6</sup> ) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
1	1	2,074	2,077	2,078	2,0763	2,077	2,074	2,072	2,0743	2,065	2,055	2,062	2,0607	2,05	2,049	2,048	2,0490	0	0	0	0	0	0	0
	1*	-0,028	-0,034	-0,041	-0,0343	-0,057	-0,059	-0,06	-0,0587	-0,058	-0,06	-0,064	-0,0607	-0,059	-0,061	-0,061	-0,0603	0	0	0	0	0		
	1**	-1,179	-1,185	-1,21	-1,1913	-1,226	-1,215	-1,223	-1,2213	-1,228	-1,237	-1,235	-1,2333	-1,228	-1,224	-1,233	-1,2283	0	0	0	0	0		
2	2	1,312	1,301	1,294	1,3023	1,284	1,282	1,281	1,2823	1,279	1,298	1,28	1,2857	1,285	1,279	1,277	1,2803	0	0	0	0	0	0	0
	2*	-0,687	-0,702	-0,699	-0,6960	-0,712	-0,715	-0,717	-0,7147	-0,727	-0,728	-0,729	-0,7280	-0,73	-0,73	-0,729	-0,7297	0	0	0	0	0		
	2**	0,705	0,705	0,705	0,7050	0,71	0,746	0,733	0,7297	0,702	0,701	0,7	0,7010	0,699	0,698	0,697	0,6980	0	0	0	0	0		
3	3	2,344	2,322	2,333	2,3330	2,317	2,322	2,317	2,3187	2,315	2,309	2,299	2,3077	2,305	2,306	2,3	2,3037	0	0	0	0	0	0	0
	3*	-1,541	-1,57	-1,578	-1,5630	-1,588	-1,598	-1,603	-1,5963	-1,697	-1,686	-1,697	-1,6933	-1,695	-1,703	-1,689	-1,6957	0	0	0	0	0		
	3**	-4,769	-4,772	-4,664	-4,7350	-4,793	-4,739	-4,685	-4,7390	-4,67	-4,692	-4,694	-4,6853	-4,719	-4,736	-4,746	-4,7337	0	0	0	0	0		
4	4	0,865	0,866	0,858	0,8630	0,855	0,849	0,848	0,8507	0,85	0,847	0,849	0,8487	0,843	0,842	0,84	0,8417	0	0	0	0	0	0	0
	4*	1,458	1,446	1,436	1,4467	1,434	1,434	1,433	1,4337	1,433	1,131	1,431	1,3317	1,425	1,422	1,419	1,4220	0	0	0	0	0		
	4**	-1,933	-1,922	-1,945	-1,9333	-1,968	-1,985	-1,979	-1,9773	-1,985	-1,976	-1,981	-1,9807	-1,936	-1,97	-1,976	-1,9607	0	0	0	0	0		
5	5	-4,071	-4,076	-4,08	-4,0757	-4,091	-4,092	-4,093	-4,0920	-4,088	-4,088	-4,074	-4,0833	-4,095	-4,057	-4,098	-4,0833	0	0	0	0	0	0	0
	5*	1,317	1,31	1,309	1,3120	1,302	1,301	1,297	1,3000	1,297	1,293	1,29	1,2933	1,285	1,281	1,282	1,2827	0	0	0	0	0		
	5**	2,044	2,033	2,023	2,0333	2,019	2,019	2,015	2,0177	2,015	2,001	1,996	2,0040	1,999	1,998	1,996	1,9977	0	0	0	0	0		
6	6	0,992	0,983	0,969	0,9813	0,969	0,975	0,976	0,9733	0,965	0,964	0,971	0,9667	0,961	0,96	0,959	0,9600	0	0	0	0	0	0	0
	6*	0,967	0,967	0,98	0,9713	0,977	0,978	0,98	0,9783	0,976	0,978	0,977	0,9770	0,972	0,968	0,974	0,9713	0	0	0	0	0		
	6**	-0,833	-0,839	-0,841	-0,8377	-0,84	-0,842	-0,842	-0,8413	-0,853	-0,853	-0,856	-0,8540	-0,85	-0,851	-0,851	-0,8507	0	0	0	0	0		
7	7	-1,829	-1,827	-1,835	-1,8303	-1,841	-1,842	-1,843	-1,8420	-1,847	-1,849	-1,85	-1,8487	-1,853	-1,853	-1,852	-1,8527	0	0	0	0	0	0	0
	7*	2,45	2,443	2,439	2,4440	2,423	2,424	2,424	2,4237	2,423	2,422	2,419	2,4213	2,422	2,421	2,422	2,4217	0	0	0	0	0		
	7**	0,318	0,311	0,308	0,3123	0,313	0,31	0,31	0,3110	0,303	0,3	0,299	0,3007	0,295	0,295	0,297	0,2957	0	0	0	0	0		
8	8	-0,773	-0,778	-0,778	-0,7763	-0,782	-0,785	-0,784	-0,7837	-0,792	-0,793	-0,796	-0,7937	-0,793	-0,795	-0,8	-0,7960	0	0	0	0	0	0	0
	8*	-1,281	-1,313	-1,299	-1,2977	-1,316	-1,326	-1,319	-1,3203	-1,312	-1,319	-1,323	-1,3180	-1,342	-1,343	-1,342	-1,3423	0	0	0	0	0		
	8**	-1,14	-1,142	-1,147	-1,1430	-1,147	-1,147	-1,148	-1,1473	-1,142	-1,144	-1,142	-1,1427	-1,151	-1,152	-1,153	-1,1520	0	0	0	0	0		

Mediciones Día 1 en la Estufa. Fecha: 22/05/15. Cero de las Mediciones: -4.099mm																									
Muestras	Probetas	Lecturas Equipo (mm)																ΔL (mm/mm) x 10-6					ΔL (mm/mm) x10-6	ΔL (x10-6) Acumulativo	
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio			
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio								
1	1	2,063	2,066	2,062	2,0637	2,07	2,066	2,07	2,0687	2,057	2,057	2,065	2,0597	2,06	2,06	2,06	2,0600	-50,67	-22,67	-4,00	44,00	-8,33	-43,44	-43,444	
	1*	-0,04	-0,044	-0,043	-0,0423	-0,057	-0,058	-0,061	-0,0587	-0,071	-0,093	-0,093	-0,0857	-0,094	-0,092	-0,091	-0,0923	-32,00	0,00	-100,00	-128,00	-65,00			
	1**	-1,235	-1,232	-1,231	-1,2327	-1,23	-1,231	-1,228	-1,2297	-1,236	-1,235	-1,236	-1,2357	-1,234	-1,232	-1,234	-1,2333	-165,33	-33,33	-9,33	-20,00	-57,00			
2	2	1,289	1,295	1,294	1,2927	1,286	1,285	1,285	1,2853	1,284	1,284	1,288	1,2853	1,286	1,287	1,284	1,2857	-38,67	12,00	-1,33	21,33	-1,67	-21,44	-21,444	
	2*	-0,734	-0,731	-0,734	-0,7330	-0,729	-0,73	-0,73	-0,7297	-0,731	-0,731	-0,731	-0,7310	-0,732	-0,728	-0,734	-0,7313	-148,00	-60,00	-12,00	-6,67	-56,67			
	2**	0,707	0,704	0,703	0,7047	0,709	0,71	0,709	0,7090	0,707	0,707	0,71	0,7080	0,705	0,707	0,706	0,7060	-1,33	-82,67	28,00	32,00	-6,00			
3	3	2,351	2,336	2,336	2,3410	2,334	2,34	2,339	2,3377	2,338	2,337	2,337	2,3373	2,346	2,334	2,343	2,3410	32,00	76,00	118,67	149,33	94,00	29,92	29,917	
	3*	-1,675	-1,683	-1,698	-1,6853	-1,683	-1,69	-1,692	-1,6883	-1,691	-1,692	-1,684	-1,6890	-1,698	-1,698	-1,694	-1,6967	-1,00	-368,00	17,33	-4,00	-88,92			
	3**	-4,74	-4,763	-4,762	-4,7550	-4,733	-4,745	-4,642	-4,7067	-4,644	-4,663	-4,633	-4,6467	-4,671	-4,761	-4,668	-4,7000	-80,00	129,33	154,67	134,67	84,67			
4	4	0,896	0,884	0,884	0,8880	0,885	0,884	0,884	0,8843	0,886	0,889	0,886	0,8870	0,881	0,879	0,88	0,8800	100,00	134,67	153,33	153,33	135,33	77,67	77,667	
	4*	1,45	1,445	1,445	1,4467	1,444	1,445	1,444	1,4443	1,447	1,446	1,449	1,4473	1,44	1,438	1,438	1,4387	0,00	42,67	462,67	66,67	143,00			
	4**	-1,947	-1,982	-1,983	-1,9707	-1,982	-1,986	-1,985	-1,9843	-1,951	-1,945	-1,975	-1,9570	-1,978	-1,991	-1,987	-1,9853	-149,33	-28,00	94,67	-98,67	-45,33			
5	5	-4,085	-4,085	-4,085	-4,0850	-4,096	-4,094	-4,071	-4,0870	-4,094	-4,092	-4,077	-4,0877	-4,073	-4,098	-4,099	-4,0900	-37,33	20,00	-17,33	-26,67	-15,33	-23,78	-23,778	
	5*	1,314	1,312	1,311	1,3123	1,306	1,302	1,303	1,3037	1,305	1,305	1,305	1,3050	1,301	1,301	1,3	1,3007	1,33	14,67	46,67	72,00	33,67			
	5**	1,991	1,989	1,989	1,9897	1,991	1,992	1,991	1,9913	1,989	1,989	1,989	1,9890	1,993	1,993	1,993	1,9930	-174,67	-105,33	-60,00	-18,67	-89,67			
6	6	0,978	0,977	0,978	0,9777	0,985	0,99	0,987	0,9873	0,977	0,983	0,974	0,9780	0,979	0,987	0,976	0,9807	-14,67	56,00	45,33	82,67	42,33	-53,44	-53,444	
	6*	0,978	0,982	0,973	0,9777	0,981	0,97	0,971	0,9740	0,976	0,969	0,971	0,9720	0,966	0,966	0,966	0,9660	25,33	-17,33	-20,00	-21,33	-8,33			
	6**	-0,892	-0,893	-0,893	-0,8927	-0,891	-0,892	-0,892	-0,8917	-0,898	-0,898	-0,898	-0,8980	-0,896	-0,896	-0,895	-0,8957	-220,00	-201,33	-176,00	-180,00	-194,33			
7	7	-1,816	-1,818	-1,818	-1,8173	-1,816	-1,819	-1,818	-1,8177	-1,823	-1,824	-1,825	-1,8240	-1,826	-1,826	-1,829	-1,8270	52,00	97,33	98,67	102,67	87,67	53,67	53,667	
	7*	2,426	2,425	2,425	2,4253	2,419	2,42	2,417	2,4187	2,417	2,417	2,422	2,4187	2,424	2,424	2,426	2,4247	-74,67	-20,00	-10,67	12,00	-23,33			
	7**	0,331	0,329	0,332	0,3307	0,333	0,336	0,334	0,3343	0,328	0,328	0,323	0,3263	0,325	0,326	0,324	0,3250	73,33	93,33	102,67	117,33	96,67			
8	8	-0,78	-0,784	-0,784	-0,7827	-0,779	-0,783	-0,785	-0,7823	-0,786	-0,787	-0,786	-0,7863	-0,786	-0,787	-0,789	-0,7873	-25,33	5,33	29,33	34,67	11,00	26,11	26,111	
	8*	-1,294	-1,296	-1,297	-1,2957	-1,299	-1,3	-1,3	-1,2997	-1,299	-1,3	-1,301	-1,3000	-1,303	-1,303	-1,302	-1,3027	8,00	82,67	72,00	158,67	80,33			
	8**	-1,132	-1,153	-1,155	-1,1467	-1,151	-1,152	-1,154	-1,1523	-1,146	-1,146	-1,145	-1,1457	-1,153	-1,154	-1,153	-1,1533	-14,67	-20,00	-12,00	-5,33	-13,00			

Muestras	Probetas	Mediciones Día 2 en la Estufa. Cero de las Mediciones: mm																$\Delta L$ (mm/mm) x 10-6					$\Delta L$ (mm/mm) x10-6	$\Delta L$ (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
1	1	2,065	2,063	2,061	2,0630	2,072	2,071	2,071	2,0713	2,068	2,063	2,064	2,0650	2,068	2,068	2,067	2,0677	-2,67	10,67	21,33	30,67	15,00	-0,11	-43,555
	1*	-0,066	-0,065	-0,066	-0,0657	-0,079	-0,077	-0,079	-0,0783	-0,075	-0,078	-0,075	-0,0760	-0,078	-0,08	-0,08	-0,0793	-93,33	-78,67	38,67	52,00	-20,33		
	1**	-1,231	-1,234	-1,233	-1,2327	-1,221	-1,229	-1,222	-1,2240	-1,238	-1,237	-1,23	-1,2350	-1,235	-1,235	-1,234	-1,2347	0,00	22,67	2,67	-5,33	5,00		
2	2	1,288	1,287	1,287	1,2873	1,286	1,285	1,286	1,2857	1,287	1,288	1,291	1,2887	1,29	1,294	1,289	1,2910	-21,33	1,33	13,33	21,33	3,67	1,56	-19,889
	2*	-0,734	-0,734	-0,732	-0,7333	-0,728	-0,732	-0,731	-0,7303	-0,72	-0,732	-0,732	-0,7280	-0,734	-0,735	-0,734	-0,7343	-1,33	-2,67	12,00	-12,00	-1,00		
	2**	0,699	0,701	0,7	0,7000	0,724	0,726	0,72	0,7233	0,703	0,702	0,704	0,7030	0,701	0,71	0,7	0,7037	-18,67	56,00	-20,00	-9,33	2,00		
3	3	2,342	2,343	2,338	2,3410	2,326	2,335	2,329	2,3300	2,312	2,323	2,325	2,3200	2,333	2,32	2,331	2,3280	0,00	-30,67	-69,33	-52,00	-38,00	-21,56	8,361
	3*	-1,696	-1,701	-1,7	-1,6990	-1,7	-1,7	-1,699	-1,6997	-1,703	-1,702	-1,703	-1,7027	-1,708	-1,708	-1,706	-1,7073	-54,67	-45,33	-54,67	-42,67	-49,33		
	3**	-4,734	-4,739	-4,738	-4,7370	-4,701	-4,706	-4,708	-4,7050	-4,646	-4,636	-4,635	-4,6390	-4,702	-4,703	-4,709	-4,7047	72,00	6,67	30,67	-18,67	22,67		
4	4	0,867	0,863	0,862	0,8640	0,866	0,867	0,866	0,8663	0,869	0,868	0,866	0,8677	0,86	0,86	0,86	0,8600	-96,00	-72,00	-77,33	-80,00	-81,33	-21,44	56,223
	4*	1,449	1,446	1,443	1,4460	1,444	1,444	1,443	1,4437	1,446	1,445	1,445	1,4453	1,439	1,438	1,437	1,4380	-2,67	-2,67	-8,00	-2,67	-4,00		
	4**	-1,961	-1,968	-1,96	-1,9630	-1,968	-1,971	-1,972	-1,9703	-1,968	-1,969	-1,961	-1,9660	-1,978	-1,973	-1,98	-1,9770	30,67	56,00	-36,00	33,33	21,00		
5	5	-4,089	-4,092	-4,09	-4,0903	-4,101	-4,097	-4,098	-4,0987	-4,099	-4,099	-4,101	-4,0997	-4,105	-4,106	-4,107	-4,1060	-21,33	-46,67	-48,00	-64,00	-45,00	-27,67	-51,444
	5*	1,309	1,308	1,308	1,3083	1,304	1,3	1,301	1,3017	1,301	1,301	1,302	1,3013	1,296	1,296	1,295	1,2957	-16,00	-8,00	-14,67	-20,00	-14,67		
	5**	1,985	1,987	1,983	1,9850	1,986	1,985	1,985	1,9853	1,984	1,983	1,985	1,9840	1,986	1,985	1,985	1,9853	-18,67	-24,00	-20,00	-30,67	-23,33		
6	6	0,985	0,984	0,989	0,9860	0,98	0,983	0,987	0,9833	0,987	0,988	0,988	0,9877	0,99	0,982	0,98	0,9840	33,33	-16,00	38,67	13,33	17,33	-13,89	-67,333
	6*	0,976	0,965	0,973	0,9713	0,965	0,963	0,972	0,9667	0,967	0,967	0,966	0,9667	0,961	0,96	0,961	0,9607	-25,33	-29,33	-21,33	-21,33	-24,33		
	6**	-0,901	-0,902	-0,902	-0,9017	-0,899	-0,901	-0,908	-0,9027	-0,901	-0,908	-0,904	-0,9043	-0,904	-0,904	-0,904	-0,9040	-36,00	-44,00	-25,33	-33,33	-34,67		
7	7	-1,828	-1,829	-1,829	-1,8287	-1,825	-1,831	-1,83	-1,8287	-1,831	-1,833	-1,835	-1,8330	-1,837	-1,837	-1,839	-1,8377	-45,33	-44,00	-36,00	-42,67	-42,00	-34,56	19,110
	7*	2,416	2,419	2,418	2,4177	2,412	2,416	2,415	2,4143	2,41	2,412	2,411	2,4110	2,419	2,417	2,418	2,4180	-30,67	-17,33	-30,67	-26,67	-26,33		
	7**	0,323	0,318	0,321	0,3207	0,323	0,323	0,322	0,3227	0,319	0,318	0,321	0,3193	0,32	0,316	0,319	0,3183	-40,00	-46,67	-28,00	-26,67	-35,33		
8	8	-0,791	-0,793	-0,795	-0,7930	-0,793	-0,793	-0,792	-0,7927	-0,795	-0,797	-0,8	-0,7973	-0,798	-0,799	-0,798	-0,7983	-41,33	-41,33	-44,00	-44,00	-42,67	-32,22	-6,111
	8*	-1,32	-1,321	-1,321	-1,3207	-1,322	-1,322	-1,323	-1,3223	-1,322	-1,322	-1,32	-1,3213	-1,324	-1,324	-1,32	-1,3227	-100,00	-90,67	-85,33	-80,00	-89,00		
	8**	-1,122	-1,129	-1,131	-1,1273	-1,13	-1,129	-1,13	-1,1297	-1,124	-1,123	-1,123	-1,1233	-1,128	-1,29	-1,13	-1,1827	77,33	90,67	89,33	-117,33	35,00		

Mediciones Día 3 en la Estufa. Cero de las Mediciones: -6,140 mm																								
Muestras	Probetas	Lecturas Equipo (mm)																$\Delta L$ (mm/mm) x 10 <sup>-6</sup>					$\Delta L$ (mm/mm) x 10 <sup>-6</sup>	$\Delta L$ (x10 <sup>-6</sup> ) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
1	1	2,058	2,057	2,062	2,0590	2,061	2,063	2,061	2,0617	2,055	2,056	2,057	2,0560	2,06	2,058	2,06	2,0593	-16,00	-38,67	-36,00	-33,33	-31,00	-28,11	-71,666
	1*	-0,08	-0,082	-0,08	-0,0807	-0,091	-0,091	-0,092	-0,0913	-0,088	-0,088	-0,091	-0,0890	-0,086	-0,087	-0,087	-0,0867	-60,00	-52,00	-52,00	-29,33	-48,33		
	1**	-1,237	-1,238	-1,238	-1,2377	-1,221	-1,221	-1,224	-1,2220	-1,228	-1,237	-1,238	-1,2343	-1,238	-1,236	-1,238	-1,2373	-20,00	8,00	2,67	-10,67	-5,00		
2	2	1,295	1,295	1,295	1,2950	1,292	1,292	1,291	1,2917	1,295	1,299	1,295	1,2963	1,3	1,295	1,294	1,2963	30,67	24,00	30,67	21,33	26,67	22,22	2,333
	2*	-0,72	-0,721	-0,722	-0,7210	-0,719	-0,72	-0,72	-0,7197	-0,722	-0,721	-0,721	-0,7213	-0,723	-0,723	-0,723	-0,7230	49,33	42,67	26,67	45,33	41,00		
	2**	0,704	0,706	0,705	0,7050	0,711	0,71	0,709	0,7100	0,709	0,71	0,71	0,7097	0,705	0,704	0,704	0,7043	20,00	-53,33	26,67	2,67	-1,00		
3	3	2,312	2,315	2,311	2,3127	2,313	2,311	2,311	2,3117	2,314	2,311	2,298	2,3077	2,319	2,316	2,314	2,3163	-113,33	-73,33	-49,33	-46,67	-70,67	-30,78	-22,417
	3*	-1,7	-1,7	-1,7	-1,7000	-1,695	-1,694	-1,694	-1,6943	-1,692	-1,691	-1,694	-1,6923	-1,699	-1,697	-1,699	-1,6983	-4,00	21,33	41,33	36,00	23,67		
	3**	-4,687	-4,647	-4,679	-4,6710	-4,664	-4,75	-4,732	-4,7153	-4,737	-4,616	-4,734	-4,6957	-4,811	-4,74	-4,696	-4,7490	264,00	-41,33	-226,67	-177,33	-45,33		
4	4	0,846	0,845	0,844	0,8450	0,847	0,848	0,847	0,8473	0,851	0,852	0,854	0,8523	0,843	0,843	0,843	0,8430	-76,00	-76,00	-61,33	-68,00	-70,33	-80,22	-23,999
	4*	1,417	1,416	1,417	1,4167	1,417	1,417	1,417	1,4170	1,42	1,42	1,419	1,4197	1,413	1,412	1,412	1,4123	-117,33	-106,67	-102,67	-102,67	-107,33		
	4**	-1,992	-1,984	-1,991	-1,9890	-1,995	-1,997	-1,997	-1,9963	-1,983	-1,988	-1,986	-1,9857	-1,953	-1,954	-1,998	-1,9683	-104,00	-104,00	-78,67	34,67	-63,00		
5	5	-4,079	-4,078	-4,073	-4,0767	-4,1	-4,099	-4,094	-4,0977	-4,092	-4,093	-4,1	-4,0950	-4,099	-4,088	-4,1	-4,0957	54,67	4,00	18,67	41,33	29,67	1,67	-49,778
	5*	1,302	1,301	1,301	1,3013	1,297	1,296	1,296	1,2963	1,297	1,298	1,297	1,2973	1,294	1,292	1,29	1,2920	-28,00	-21,33	-16,00	-14,67	-20,00		
	5**	1,98	1,981	1,979	1,9800	1,985	1,984	1,987	1,9853	1,983	1,984	1,984	1,9837	1,987	1,986	1,985	1,9860	-20,00	0,00	-1,33	2,67	-4,67		
6	6	0,95	0,949	0,949	0,9493	0,948	0,946	0,953	0,9490	0,948	0,952	0,947	0,9490	0,956	0,957	0,949	0,9540	-146,67	-137,33	-154,67	-120,00	-139,67	-22,78	-90,111
	6*	0,975	0,974	0,975	0,9747	0,976	0,974	0,971	0,9737	0,974	0,97	0,97	0,9713	0,968	0,968	0,969	0,9683	13,33	28,00	18,67	30,67	22,67		
	6**	-0,889	-0,884	-0,883	-0,8853	-0,888	-0,889	-0,89	-0,8890	-0,897	-0,897	-0,897	-0,8970	-0,894	-0,894	-0,89	-0,8927	65,33	54,67	29,33	45,33	48,67		
7	7	-1,858	-1,858	-1,859	-1,8583	-1,856	-1,861	-1,856	-1,8577	-1,86	-1,86	-1,857	-1,8590	-1,862	-1,86	-1,862	-1,8613	-118,67	-116,00	-104,00	-94,67	-108,33	-54,67	-35,556
	7*	2,426	2,426	2,425	2,4257	2,421	2,421	2,421	2,4210	2,419	2,418	2,418	2,4183	2,423	2,424	2,423	2,4233	32,00	26,67	29,33	21,33	27,33		
	7**	0,298	0,297	0,296	0,2970	0,302	0,304	0,304	0,3033	0,302	0,304	0,296	0,3007	0,295	0,297	0,299	0,2970	-94,67	-77,33	-74,67	-85,33	-83,00		
8	8	-0,807	-0,808	-0,807	-0,8073	-0,805	-0,797	-0,808	-0,8033	-0,81	-0,809	-0,809	-0,8093	-0,807	-0,809	-0,809	-0,8083	-57,33	-42,67	-48,00	-40,00	-47,00	-53,11	-59,222
	8*	-1,337	-1,338	-1,338	-1,3377	-1,338	-1,338	-1,34	-1,3387	-1,337	-1,338	-1,338	-1,3377	-1,338	-1,338	-1,338	-1,3380	-68,00	-65,33	-65,33	-61,33	-65,00		
	8**	-1,155	-1,156	-1,149	-1,1533	-1,151	-1,155	-1,156	-1,1540	-1,144	-1,151	-1,149	-1,1480	-1,155	-1,156	-1,154	-1,1550	-104,00	-97,33	-98,67	110,67	-47,33		

Muestras	Probetas	Mediciones Día 4 en la Estufa. Cero de las Mediciones: -6,140 mm																ΔL (mm/mm) x 10-6					ΔL (mm/mm) x10-6	ΔL (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
1	1	2,055	2,05	2,053	2,0527	2,057	2,061	2,052	2,0567	2,057	2,044	2,047	2,0493	2,048	2,049	2,048	2,0483	-25,33	-20,00	-26,67	-44,00	-29,00	-42,67	-114,333
	1*	-0,105	-0,105	-0,105	-0,1050	-0,115	-0,116	-0,116	-0,1157	-0,11	-0,114	-0,112	-0,1120	-0,113	-0,114	-0,113	-0,1133	-97,33	-97,33	-92,00	-106,67	-98,33		
	1**	-1,231	-1,233	-1,236	-1,2333	-1,23	-1,229	-1,231	-1,2300	-1,235	-1,236	-1,235	-1,2353	-1,229	-1,235	-1,236	-1,2333	17,33	-32,00	-4,00	16,00	-0,67		
2	2	1,294	1,294	1,289	1,2923	1,291	1,29	1,29	1,2903	1,291	1,291	1,291	1,2910	1,296	1,295	1,292	1,2943	-10,67	-5,33	-21,33	-8,00	-11,33	-15,78	-13,445
	2*	-0,729	-0,729	-0,729	-0,7290	-0,723	-0,726	-0,725	-0,7247	-0,724	-0,727	-0,727	-0,7260	-0,729	-0,729	-0,729	-0,7290	-32,00	-20,00	-18,67	-24,00	-23,67		
	2**	0,7	0,701	0,703	0,7013	0,706	0,707	0,706	0,7063	0,707	0,706	0,706	0,7063	0,706	0,701	0,701	0,7027	-14,67	-14,67	-13,33	-6,67	-12,33		
3	3	2,283	2,292	2,285	2,2867	2,296	2,284	2,279	2,2863	2,295	2,284	2,289	2,2893	2,289	2,284	2,283	2,2853	-104,00	-101,33	-73,33	-124,00	-100,67	-33,67	-56,083
	3*	-1,676	-1,682	-1,699	-1,6857	-1,698	-1,699	-1,701	-1,6993	-1,699	-1,696	-1,694	-1,6963	-1,703	-1,703	-1,704	-1,7033	57,33	-20,00	-16,00	-20,00	0,33		
	3**	-4,721	-4,685	-4,654	-4,6867	-4,699	-4,702	-4,658	-4,6863	-4,702	-4,715	-4,743	-4,7200	-4,785	-4,791	-4,64	-4,7387	-62,67	116,00	-97,33	41,33	-0,67		
4	4	0,833	0,832	0,831	0,8320	0,834	0,834	0,834	0,8340	0,838	0,837	0,838	0,8377	0,837	0,839	0,836	0,8373	-52,00	-53,33	-58,67	-22,67	-46,67	-31,67	-55,666
	4*	1,4	1,4	1,399	1,3997	1,398	1,399	1,399	1,3987	1,401	1,406	1,402	1,4030	1,397	1,396	1,396	1,3963	-68,00	-73,33	-66,67	-64,00	-68,00		
	4**	-1,985	-1,996	-1,987	-1,9893	-1,977	-1,975	-1,981	-1,9777	-1,969	-1,986	-1,975	-1,9767	-1,973	-1,971	-1,984	-1,9760	-1,33	74,67	36,00	-30,67	19,67		
5	5	-4,088	-4,089	-4,09	-4,0890	-4,095	-4,095	-4,094	-4,0947	-4,089	-4,085	-4,086	-4,0867	-4,091	-4,091	-4,095	-4,0923	-49,33	12,00	33,33	13,33	2,33	-19,56	-69,333
	5*	1,284	1,284	1,283	1,2837	1,28	1,278	1,279	1,2790	1,28	1,279	1,281	1,2800	1,276	1,276	1,275	1,2757	-70,67	-69,33	-69,33	-65,33	-68,67		
	5**	1,982	1,981	1,981	1,9813	1,986	1,989	1,985	1,9867	1,984	1,985	1,989	1,9860	1,988	1,989	1,989	1,9887	5,33	5,33	9,33	10,67	7,67		
6	6	0,93	0,923	0,922	0,9250	0,922	0,92	0,919	0,9203	0,91	0,909	0,909	0,9093	0,924	0,915	0,918	0,9190	-97,33	-114,67	-158,67	-140,00	-127,67	-44,22	-134,333
	6*	0,975	0,976	0,978	0,9763	0,983	0,972	0,974	0,9763	0,973	0,973	0,973	0,9730	0,971	0,972	0,973	0,9720	6,67	10,67	6,67	14,67	9,67		
	6**	-0,893	-0,89	-0,891	-0,8913	-0,893	-0,893	-0,893	-0,8930	-0,899	-0,899	-0,899	-0,8990	-0,896	-0,895	-0,895	-0,8953	-24,00	-16,00	-8,00	-10,67	-14,67		
7	7	-1,873	-1,872	-1,871	-1,8720	-1,869	-1,87	-1,87	-1,8697	-1,875	-1,873	-1,876	-1,8747	-1,877	-1,877	-1,878	-1,8773	-54,67	-48,00	-62,67	-64,00	-57,33	-59,11	-94,668
	7*	2,417	2,415	2,414	2,4153	2,41	2,412	2,411	2,4110	2,41	2,411	2,411	2,4107	2,42	2,418	2,419	2,4190	-41,33	-40,00	-30,67	-17,33	-32,33		
	7**	0,275	0,276	0,277	0,2760	0,281	0,28	0,28	0,2803	0,281	0,275	0,279	0,2783	0,275	0,277	0,275	0,2757	-84,00	-92,00	-89,33	-85,33	-87,67		
8	8	-0,858	-0,858	-0,858	-0,8580	-0,856	-0,856	-0,856	-0,8560	-0,855	-0,855	-0,854	-0,8547	-0,852	-0,852	-0,854	-0,8527	-202,67	-210,67	-181,33	-177,33	-193,00	-132,56	-191,777
	8*	-1,359	-1,358	-1,359	-1,3587	-1,359	-1,361	-1,362	-1,3607	-1,358	-1,359	-1,359	-1,3587	-1,359	-1,36	-1,359	-1,3593	-84,00	-88,00	-84,00	-85,33	-85,33		
	8**	-1,189	-1,19	-1,19	-1,1897	-1,178	-1,181	-1,184	-1,1810	-1,184	-1,175	-1,179	-1,1793	-1,178	-1,176	-1,185	-1,1797	-145,33	-108,00	-125,33	-98,67	-119,33		

Mediciones Día 5 en la Estufa. Cero de las Mediciones: -6,140mm																								
Muestras	Probetas	Lecturas Equipo (mm)																ΔL (mm/mm) x 10-6					ΔL (mm/mm) x10-6	ΔL (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
1	1	2,04	2,042	2,04	2,0407	2,046	2,045	2,031	2,0407	2,038	2,026	2,024	2,0293	2,034	2,041	2,042	2,0390	-48,00	-64,00	-80,00	-37,33	-57,33	-33,33	-147,666
	1*	-0,106	-0,103	-0,108	-0,1057	-0,117	-0,119	-0,121	-0,1190	-0,115	-0,116	-0,117	-0,1160	-0,117	-0,118	-0,118	-0,1177	-2,67	-13,33	-16,00	-17,33	-12,33		
	1**	-1,235	-1,242	-1,243	-1,2400	-1,239	-1,241	-1,24	-1,2400	-1,24	-1,243	-1,241	-1,2413	-1,239	-1,242	-1,242	-1,2410	-26,67	-40,00	-24,00	-30,67	-30,33		
2	2	1,288	1,288	1,288	1,2880	1,288	1,289	1,29	1,2890	1,294	1,291	1,292	1,2923	1,292	1,293	1,294	1,2930	-17,33	-5,33	5,33	-5,33	-5,67	13,33	-0,112
	2*	-0,72	-0,72	-0,72	-0,7200	-0,717	-0,717	-0,716	-0,7167	-0,717	-0,717	-0,719	-0,7177	-0,72	-0,72	-0,72	-0,7200	36,00	32,00	33,33	36,00	34,33		
	2**	0,704	0,704	0,703	0,7037	0,71	0,712	0,71	0,7107	0,709	0,709	0,71	0,7093	0,704	0,704	0,705	0,7043	9,33	17,33	12,00	6,67	11,33		
3	3	2,292	2,283	2,286	2,2870	2,281	2,288	2,277	2,2820	2,295	2,288	2,299	2,2940	2,283	2,286	2,276	2,2817	1,33	-17,33	18,67	-14,67	-3,00	-26,78	-82,861
	3*	-1,707	-1,708	-1,707	-1,7073	-1,703	-1,703	-1,702	-1,7027	-1,702	-1,701	-1,701	-1,7013	-1,704	-1,704	-1,705	-1,7043	-86,67	-13,33	-20,00	-4,00	-31,00		
	3**	-4,736	-4,718	-4,719	-4,7243	-4,718	-4,728	-4,718	-4,7213	-4,717	-4,719	-4,718	-4,7180	-4,709	-4,715	-4,719	-4,7143	-150,67	-140,00	8,00	97,33	-46,33		
4	4	0,82	0,819	0,818	0,8190	0,822	0,822	0,822	0,8220	0,825	0,825	0,83	0,8267	0,819	0,818	0,818	0,8183	-52,00	-48,00	-44,00	-76,00	-55,00	-54,78	-110,444
	4*	1,397	1,397	1,396	1,3967	1,397	1,397	1,397	1,3970	1,4	1,4	1,399	1,3997	1,392	1,393	1,39	1,3917	-12,00	-6,67	-13,33	-18,67	-12,67		
	4**	-1,992	-2,018	-2,014	-2,0080	-2,02	-2,018	-2,019	-2,0190	-2,013	-1,985	-1,975	-1,9910	-1,997	-1,98	-2,018	-1,9983	-74,67	-165,33	-57,33	-89,33	-96,67		
5	5	-4,098	-4,099	-4,099	-4,0987	-4,099	-4,105	-4,102	-4,1020	-4,101	-4,103	-4,101	-4,1017	-4,108	-4,108	-4,108	-4,1080	-38,67	-29,33	-60,00	-62,67	-47,67	-42,89	-112,222
	5*	1,269	1,27	1,269	1,2693	1,266	1,264	1,266	1,2653	1,267	1,267	1,267	1,2670	1,263	1,263	1,262	1,2627	-57,33	-54,67	-52,00	-52,00	-54,00		
	5**	1,978	1,976	1,976	1,9767	1,98	1,979	1,978	1,9790	1,978	1,976	1,979	1,9777	1,984	1,983	1,98	1,9823	-18,67	-30,67	-33,33	-25,33	-27,00		
6	6	0,905	0,906	0,906	0,9057	0,902	0,905	0,902	0,9030	0,904	0,905	0,903	0,9040	0,901	0,901	0,904	0,9020	-77,33	-69,33	-21,33	-68,00	-59,00	-24,78	-159,111
	6*	0,971	0,971	0,97	0,9707	0,969	0,972	0,97	0,9703	0,979	0,97	0,971	0,9733	0,968	0,967	0,968	0,9677	-22,67	-24,00	1,33	-17,33	-15,67		
	6**	-0,894	-0,894	-0,894	-0,8940	-0,893	-0,893	-0,893	-0,8930	-0,899	-0,898	-0,898	-0,8983	-0,893	-0,893	-0,893	-0,8930	-10,67	0,00	2,67	9,33	0,33		
7	7	-1,887	-1,887	-1,886	-1,8867	-1,885	-1,883	-1,889	-1,8857	-1,887	-1,888	-1,889	-1,8880	-1,89	-1,887	-1,888	-1,8883	-58,67	-64,00	-53,33	-44,00	-55,00	-14,33	-109,001
	7*	2,418	2,418	2,417	2,4177	2,412	2,411	2,411	2,4113	2,412	2,41	2,411	2,4110	2,418	2,415	2,417	2,4167	9,33	1,33	1,33	-9,33	0,67		
	7**	0,281	0,277	0,278	0,2787	0,282	0,283	0,287	0,2840	0,279	0,281	0,279	0,2797	0,28	0,277	0,281	0,2793	10,67	14,67	5,33	14,67	11,33		
8	8	-0,881	-0,882	-0,882	-0,8817	-0,88	-0,88	-0,88	-0,8800	-0,88	-0,88	-0,88	-0,8800	-0,878	-0,878	-0,878	-0,8780	-94,67	-96,00	-101,33	-101,33	-98,33	-47,44	-239,222
	8*	-1,366	-1,366	-1,367	-1,3663	-1,368	-1,367	-1,367	-1,3673	-1,365	-1,365	-1,367	-1,3657	-1,368	-1,368	-1,367	-1,3677	-30,67	-26,67	-28,00	-33,33	-29,67		
	8**	-1,187	-1,187	-1,179	-1,1843	-1,186	-1,186	-1,19	-1,1873	-1,183	-1,183	-1,182	-1,1827	-1,19	-1,19	-1,189	-1,1897	21,33	-25,33	-13,33	-40,00	-14,33		

Muestras	Probetas	Mediciones Día 6 en la Estufa. Cero de las Mediciones: -6,140 mm																$\Delta L$ (mm/mm) x 10-6					$\Delta L$ (mm/mm) x10-6	$\Delta L$ (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
1	1	2,023	2,034	2,035	2,0307	2,028	2,036	2,039	2,0343	2,031	2,023	2,026	2,0267	2,025	2,026	2,025	2,0253	-40,00	-25,33	-10,67	-54,67	-32,67	-26,44	-174,111
	1*	-0,11	-0,111	-0,109	-0,1100	-0,117	-0,124	-0,125	-0,1220	-0,119	-0,12	-0,119	-0,1193	-0,119	-0,118	-0,118	-0,1183	-17,33	-12,00	-13,33	-2,67	-11,33		
	1**	-1,252	-1,254	-1,254	-1,2533	-1,246	-1,245	-1,248	-1,2463	-1,251	-1,252	-1,251	-1,2513	-1,247	-1,247	-1,246	-1,2467	-53,33	-25,33	-40,00	-22,67	-35,33		
2	2	1,282	1,284	1,283	1,2830	1,283	1,285	1,285	1,2843	1,287	1,286	1,286	1,2863	1,287	1,286	1,287	1,2867	-20,00	-18,67	-24,00	-25,33	-22,00	-27,00	-13,667
	2*	-0,732	-0,732	-0,73	-0,7313	-0,729	-0,727	-0,728	-0,7280	-0,729	-0,729	-0,729	-0,7290	-0,731	-0,731	-0,73	-0,7307	-45,33	-45,33	-45,33	-42,67	-44,67		
	2**	0,701	0,704	0,704	0,7030	0,707	0,706	0,703	0,7053	0,705	0,704	0,706	0,7050	0,7	0,701	0,7	0,7003	-2,67	-21,33	-17,33	-16,00	-14,33		
3	3	2,282	2,28	2,279	2,2803	2,279	2,289	2,281	2,2830	2,274	2,278	2,276	2,2760	2,278	2,288	2,3	2,2887	-26,67	4,00	-72,00	28,00	-16,67	-33,11	-59,889
	3*	-1,714	-1,716	-1,713	-1,7143	-1,71	-1,709	-1,71	-1,7097	-1,705	-1,706	-1,705	-1,7053	-1,711	-1,71	-1,713	-1,7113	-28,00	-28,00	-16,00	-28,00	-25,00		
	3**	-4,741	-4,749	-4,744	-4,7447	-4,739	-4,732	-4,739	-4,7367	-4,741	-4,732	-4,739	-4,7373	-4,718	-4,719	-4,714	-4,7170	-81,33	-61,33	-77,33	-10,67	-57,67		
4	4	0,808	0,809	0,808	0,8083	0,81	0,81	0,812	0,8107	0,814	0,813	0,813	0,8133	0,808	0,809	0,806	0,8077	-42,67	-45,33	-53,33	-42,67	-46,00	-1,67	-56,444
	4*	1,396	1,395	1,394	1,3950	1,395	1,396	1,396	1,3957	1,399	1,398	1,398	1,3983	1,392	1,391	1,391	1,3913	-6,67	-5,33	-5,33	-1,33	-4,67		
	4**	-1,999	-1,984	-1,991	-1,9913	-1,983	-1,997	-1,957	-1,9790	-1,987	-2,019	-1,999	-2,0017	-2,017	-1,989	-1,99	-1,9987	66,67	160,00	-42,67	-1,33	45,67		
5	5	-4,096	-4,097	-4,097	-4,0967	-4,102	-4,103	-4,098	-4,1010	-4,096	-4,096	-4,098	-4,0967	-4,101	-4,102	-4,102	-4,1017	8,00	4,00	20,00	25,33	14,33	-14,11	-57,000
	5*	1,256	1,256	1,256	1,2560	1,25	1,252	1,249	1,2503	1,253	1,254	1,253	1,2533	1,248	1,248	1,248	1,2480	-53,33	-60,00	-54,67	-58,67	-56,67		
	5**	1,977	1,977	1,977	1,9770	1,98	1,979	1,98	1,9797	1,979	1,977	1,977	1,9777	1,982	1,981	1,981	1,9813	1,33	2,67	0,00	-4,00	0,00		
6	6	0,901	0,899	0,902	0,9007	0,898	0,901	0,897	0,8987	0,899	0,902	0,901	0,9007	0,897	0,899	0,9	0,8987	-20,00	-17,33	-13,33	-13,33	-16,00	-28,22	-53,000
	6*	0,962	0,961	0,96	0,9610	0,957	0,958	0,957	0,9573	0,958	0,959	0,958	0,9583	0,958	0,955	0,955	0,9560	-38,67	-52,00	-60,00	-46,67	-49,33		
	6**	-0,898	-0,899	-0,897	-0,8980	-0,896	-0,898	-0,898	-0,8973	-0,902	-0,904	-0,902	-0,9027	-0,9	-0,899	-0,9	-0,8997	-16,00	-17,33	-17,33	-26,67	-19,33		
7	7	-1,896	-1,896	-1,895	-1,8957	-1,892	-1,898	-1,887	-1,8923	-1,898	-1,897	-1,897	-1,8973	-1,898	-1,898	-1,898	-1,8980	-36,00	-26,67	-37,33	-38,67	-34,67	-42,78	-57,111
	7*	2,41	2,409	2,409	2,4093	2,405	2,406	2,401	2,4040	2,404	2,401	2,401	2,4020	2,408	2,411	2,411	2,4100	-33,33	-29,33	-36,00	-26,67	-31,33		
	7**	0,265	0,261	0,261	0,2623	0,267	0,266	0,267	0,2667	0,266	0,267	0,263	0,2653	0,265	0,265	0,265	0,2650	-65,33	-69,33	-57,33	-57,33	-62,33		
8	8	-0,899	-0,899	-0,899	-0,8990	-0,898	-0,898	-0,898	-0,8980	-0,899	-0,898	-0,898	-0,8983	-0,896	-0,896	-0,896	-0,8960	-69,33	-72,00	-73,33	-72,00	-71,67	-80,33	-127,778
	8*	-1,376	-1,377	-1,374	-1,3757	-1,374	-1,374	-1,375	-1,3743	-1,372	-1,373	-1,373	-1,3727	-1,374	-1,374	-1,375	-1,3743	-37,33	-28,00	-28,00	-26,67	-30,00		
	8**	-1,223	-1,224	-1,228	-1,2250	-1,221	-1,22	-1,221	-1,2207	-1,216	-1,216	-1,217	-1,2163	-1,222	-1,221	-1,221	-1,2213	-162,67	-133,33	-134,67	-126,67	-139,33		

Mediciones Día 7 en la Estufa. Cero de las Mediciones: -6,140mm																								
Muestras	Probetas	Lecturas Equipo (mm)																ΔL (mm/mm) x 10-6					ΔL (mm/mm) x10-6	ΔL (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
1	1	2,021	2,022	2,021	2,0213	2,039	2,025	2,028	2,0307	2,025	2,02	2,019	2,0213	2,024	2,027	2,028	2,0263	-37,33	-14,67	-21,33	4,00	-17,33	-15,78	-189,889
	1*	-0,106	-0,107	-0,106	-0,1063	-0,118	-0,117	-0,117	-0,1173	-0,116	-0,116	-0,116	-0,1160	-0,116	-0,116	-0,116	-0,1160	14,67	18,67	13,33	9,33	14,00		
	1**	-1,26	-1,261	-1,262	-1,2610	-1,255	-1,258	-1,259	-1,2573	-1,262	-1,261	-1,26	-1,2610	-1,26	-1,263	-1,264	-1,2623	-30,67	-44,00	-38,67	-62,67	-44,00		
2	2	1,288	1,288	1,286	1,2873	1,287	1,287	1,286	1,2867	1,287	1,287	1,287	1,2870	1,292	1,292	1,29	1,2913	17,33	9,33	2,67	18,67	12,00	-2,67	-16,333
	2*	-0,734	-0,734	-0,734	-0,7340	-0,731	-0,731	-0,731	-0,7310	-0,733	-0,733	-0,733	-0,7330	-0,734	-0,735	-0,735	-0,7347	-10,67	-12,00	-16,00	-16,00	-13,67		
	2**	0,699	0,696	0,699	0,6980	0,702	0,703	0,704	0,7030	0,705	0,707	0,705	0,7057	0,703	0,7	0,699	0,7007	-20,00	-9,33	2,67	1,33	-6,33		
3	3	2,269	2,277	2,271	2,2723	2,273	2,271	2,29	2,2780	2,271	2,273	2,263	2,2690	2,273	2,267	2,28	2,2733	-32,00	-20,00	-28,00	-61,33	-35,33	-15,61	-75,500
	3*	-1,71	-1,709	-1,715	-1,7113	-1,709	-1,711	-1,708	-1,7093	-1,708	-1,708	-1,707	-1,7077	-1,71	-1,713	-1,712	-1,7117	12,00	1,33	-9,33	-1,33	0,67		
	3**	-4,719	-4,764	-4,744	-4,7415	-4,739	-4,737	-4,739	-4,7383	-4,731	-4,723	-4,736	-4,7300	-4,741	-4,734	-4,739	-4,7380	12,67	-6,67	29,33	-84,00	-12,17		
4	4	0,805	0,805	0,804	0,8047	0,811	0,807	0,812	0,8100	0,813	0,816	0,816	0,8150	0,806	0,807	0,806	0,8063	-14,67	-2,67	6,67	-5,33	-4,00	-33,33	-89,778
	4*	1,385	1,385	1,385	1,3850	1,386	1,387	1,387	1,3867	1,39	1,39	1,383	1,3877	1,382	1,382	1,381	1,3817	-40,00	-36,00	-42,67	-38,67	-39,33		
	4**	-2,012	-1,998	-1,997	-2,0023	-1,985	-2,021	-2,023	-2,0097	-2,017	-1,99	-2,011	-2,0060	-1,989	-2,023	-2,016	-2,0093	-44,00	-122,67	-17,33	-42,67	-56,67		
5	5	-4,094	-4,098	-4,098	-4,0967	-4,105	-4,102	-4,103	-4,1033	-4,098	-4,094	-4,096	-4,0960	-4,105	-4,106	-4,104	-4,1050	0,00	-9,33	2,67	-13,33	-5,00	-11,00	-68,000
	5*	1,248	1,247	1,247	1,2473	1,245	1,242	1,242	1,2430	1,245	1,245	1,245	1,2450	1,24	1,239	1,24	1,2397	-34,67	-29,33	-33,33	-33,33	-32,67		
	5**	1,98	1,979	1,978	1,9790	1,979	1,98	1,981	1,9800	1,978	1,98	1,984	1,9807	1,98	1,982	1,98	1,9807	8,00	1,33	12,00	-2,67	4,67		
6	6	0,887	0,889	0,888	0,8880	0,884	0,884	0,885	0,8843	0,888	0,891	0,893	0,8907	0,887	0,887	0,886	0,8867	-50,67	-57,33	-40,00	-48,00	-49,00	-22,00	-75,000
	6*	0,963	0,959	0,961	0,9610	0,955	0,954	0,964	0,9577	0,957	0,955	0,963	0,9583	0,952	0,962	0,953	0,9557	0,00	1,33	0,00	-1,33	0,00		
	6**	-0,904	-0,903	-0,903	-0,9033	-0,901	-0,902	-0,902	-0,9017	-0,906	-0,908	-0,907	-0,9070	-0,903	-0,902	-0,903	-0,9027	-21,33	-17,33	-17,33	-12,00	-17,00		
7	7	-1,899	-1,9	-1,9	-1,8997	-1,896	-1,902	-1,896	-1,8980	-1,901	-1,901	-1,901	-1,9010	-1,902	-1,9	-1,897	-1,8997	-16,00	-22,67	-14,67	-6,67	-15,00	-15,89	-73,000
	7*	2,41	2,41	2,41	2,4100	2,404	2,404	2,404	2,4040	2,403	2,403	2,402	2,4027	2,41	2,408	2,409	2,4090	2,67	0,00	2,67	-4,00	0,33		
	7**	0,257	0,257	0,252	0,2553	0,258	0,258	0,262	0,2593	0,255	0,259	0,256	0,2567	0,258	0,253	0,254	0,2550	-28,00	-29,33	-34,67	-40,00	-33,00		
8	8	-0,902	-0,903	-0,904	-0,9030	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9000	-0,902	-0,902	-0,9	-0,9013	-0,899	-0,895	-0,895	-0,8963	-16,00	-8,00	-12,00	-1,33	-9,33	2,89	-124,889
	8*	-1,379	-1,378	-1,38	-1,3790	-1,38	-1,38	-1,38	-1,3800	-1,378	-1,378	-1,378	-1,3780	-1,379	-1,367	-1,36	-1,3687	-13,33	-22,67	-21,33	22,67	-8,67		
	8**	-1,19	-1,19	-1,182	-1,1873	-1,225	-1,225	-1,223	-1,2243	-1,22	-1,219	-1,218	-1,2190	-1,225	-1,226	-1,227	-1,2260	150,67	-14,67	-10,67	-18,67	26,67		

## Ciclo sol (2014)

Muestras	Probetas	Mediciones. Cero de las Mediciones: -4.099mm																$\Delta L$ (mm/mm) x 10-6					$\Delta L$ (mm/mm) x10-6	$\Delta L$ (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
Patrón	1	0,266	0,265	0,267	0,2660	0,269	0,267	0,262	0,2660	0,263	0,27	0,265	0,2660	0,263	0,263	0,263	0,2630	0	0	0	0	0	0	0
	2	0,202	0,199	0,195	0,1987	0,195	0,194	0,2	0,1963	0,225	0,223	0,224	0,2240	0,197	0,204	0,195	0,1987	0	0	0	0	0		
	3	-0,226	-0,255	-0,276	-0,2523	-0,297	-0,297	-0,288	-0,2940	-0,307	-0,335	-0,336	-0,3260	-0,361	-0,356	-0,362	-0,3597	0	0	0	0	0		
CPP+Z	1	-0,225	-0,23	-0,227	-0,2273	-0,1	-0,108	-0,113	-0,1070	-0,038	-0,043	-0,023	-0,0347	-0,232	-0,232	-0,234	-0,2327	0	0	0	0	0	0	0
	2	0,946	0,931	0,93	0,9357	0,913	0,922	0,91	0,9150	0,857	0,844	0,829	0,8433	0,805	0,796	0,881	0,8273	0	0	0	0	0		
	3	-0,275	-0,283	-0,337	-0,2983	-0,368	-0,375	-0,378	-0,3737	-0,382	-0,382	-0,377	-0,3803	-0,396	-0,399	-0,396	-0,3970	0	0	0	0	0		
CPHP	1	-0,257	-0,265	-0,277	-0,2663	-0,317	-0,324	-0,32	-0,3203	-0,341	-0,342	-0,341	-0,3413	-0,282	-0,291	-0,297	-0,2900	0	0	0	0	0	0	0
	2	-1,709	-1,764	-1,792	-1,7550	-1,886	-1,901	-1,912	-1,8997	-1,925	-1,929	-1,936	-1,9300	-1,981	-1,98	-1,985	-1,9820	0	0	0	0	0		
	3	2,158	2,155	2,165	2,1593	2,152	2,163	2,144	2,1530	2,161	2,167	2,155	2,1610	2,166	2,16	2,152	2,1593	0	0	0	0	0		

Muestras	Probetas	Mediciones Dia 1 en la Estufa. Cero de las Mediciones: -4.099mm																$\Delta L$ (mm/mm) x 10-6					$\Delta L$ (mm/mm) x10-6	$\Delta L$ (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
Patrón	1	0,277	0,278	0,277	0,2773	0,276	0,289	0,279	0,2813	0,275	0,276	0,275	0,2753	0,273	0,278	0,276	0,2757	45,33	61,33	37,33	50,67	48,67	-348,00	-348,000
	2	0,196	0,195	0,195	0,1953	0,191	0,193	0,193	0,1923	0,198	0,199	0,199	0,1987	0,199	0,199	0,198	0,1987	-13,33	-16,00	-101,33	0,00	-32,67		
	3	-0,575	-0,579	-0,571	-0,5750	-0,579	-0,584	-0,584	-0,5823	-0,571	-0,568	-0,573	-0,5707	-0,561	-0,563	-0,568	-0,5640	-1290,67	-1153,33	-978,67	-817,33	-1060,00		
CPP+Z	1	-0,22	-0,218	-0,218	-0,2187	-0,214	-0,212	-0,216	-0,2140	-0,207	-0,217	-0,215	-0,2130	-0,223	-0,221	-0,224	-0,2227	34,67	-428,00	-713,33	40,00	-266,67	-291,89	-291,889
	2	0,801	0,796	0,794	0,7970	0,8	0,799	0,791	0,7967	0,777	0,778	0,782	0,7790	0,781	0,754	0,758	0,7643	-554,67	-473,33	-257,33	-252,00	-384,33		
	3	-0,386	-0,39	-0,396	-0,3907	-0,406	-0,417	-0,415	-0,4127	-0,42	-0,427	-0,398	-0,4150	-0,454	-0,455	-0,458	-0,4557	-369,33	-156,00	-138,67	-234,67	-224,67		
CPHP	1	-0,319	-0,331	-0,332	-0,3273	-0,324	-0,329	-0,324	-0,3257	-0,327	-0,322	-0,338	-0,3290	-0,329	-0,336	-0,333	-0,3327	-244,00	-21,33	49,33	-170,67	-96,67	-170,33	-170,333
	2	-1,984	-1,983	-1,985	-1,9840	-1,985	-1,976	-1,959	-1,9733	-1,961	-2,018	-2,01	-1,9963	-2,01	-2,004	-2,02	-2,0113	-916,00	-294,67	-265,33	-117,33	-398,33		
	3	2,153	2,152	2,153	2,1527	2,144	2,147	2,148	2,1463	2,159	2,175	2,163	2,1657	2,151	2,147	2,158	2,1520	-26,67	-26,67	18,67	-29,33	-16,00		

Muestras	Probetas	Mediciones Día 2 en la Estufa. Cero de las Mediciones: -6,140mm																$\Delta L$ (mm/mm) x 10 <sup>-6</sup>					$\Delta L$ (mm/mm) x10 <sup>-6</sup>	$\Delta L$ (x10 <sup>-6</sup> ) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
Patrón	1	0,267	0,266	0,266	0,2663	0,266	0,265	0,265	0,2653	0,265	0,265	0,264	0,2647	0,263	0,264	0,264	0,2637	-44,00	-64,00	-42,67	-48,00	-49,67	-44,22	-392,22
	2	0,184	0,185	0,188	0,1857	0,193	0,183	0,183	0,1863	0,192	0,19	0,188	0,1900	0,199	0,189	0,188	0,1920	-38,67	-24,00	-34,67	-26,67	-31,00		
	3	-0,585	-0,585	-0,584	-0,5847	-0,575	-0,591	-0,595	-0,5870	-0,581	-0,585	-0,584	-0,5833	-0,589	-0,589	-0,589	-0,5890	-38,67	-18,67	-50,67	-100,00	-52,00		
CPP+Z	1	-0,23	-0,226	-0,228	-0,2280	-0,224	-0,222	-0,221	-0,2223	-0,22	-0,223	-0,226	-0,2230	-0,224	-0,229	-0,231	-0,2280	-37,33	-33,33	-40,00	-21,33	-33,00	-255,67	-547,56
	2	0,698	0,699	0,697	0,6980	0,708	0,703	0,703	0,7047	0,701	0,696	0,702	0,6997	0,691	0,693	0,691	0,6917	-396,00	-368,00	-317,33	-290,67	-343,00		
	3	-0,501	-0,503	-0,503	-0,5023	-0,501	-0,501	-0,492	-0,4980	-0,508	-0,531	-0,532	-0,5237	-0,541	-0,54	-0,542	-0,5410	-446,67	-341,33	-434,67	-341,33	-391,00		
CPHP	1	-0,342	-0,334	-0,348	-0,3413	-0,346	-0,348	-0,351	-0,3483	-0,357	-0,355	-0,353	-0,3550	-0,349	-0,348	-0,354	-0,3503	-56,00	-90,67	-104,00	-70,67	-80,33	-309,44	-479,78
	2	-2,197	-2,181	-2,189	-2,1890	-2,194	-2,193	-2,197	-2,1947	-2,198	-2,2	-2,195	-2,1977	-2,21	-2,208	-2,207	-2,2083	-820,00	-885,33	-805,33	-788,00	-824,67		
	3	2,153	2,151	2,147	2,1503	2,143	2,146	2,144	2,1443	2,151	2,153	2,155	2,1530	2,149	2,145	2,143	2,1457	-9,33	-8,00	-50,67	-25,33	-23,33		

Muestras	Probetas	Mediciones Día en la Estufa 3. Cero de las Mediciones: -6,140mm																$\Delta L$ (mm/mm) x 10 <sup>-6</sup>					$\Delta L$ (mm/mm) x10 <sup>-6</sup>	$\Delta L$ (x10 <sup>-6</sup> ) Acumulativo
		Lecturas Equipo (mm)																Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D										
1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio									
Patrón	1	0,278	0,277	0,277	0,2773	0,288	0,274	0,273	0,2783	0,276	0,276	0,275	0,2757	0,273	0,274	0,273	0,2733	44,00	52,00	44,00	38,67	44,67	19,33	-372,889
	2	0,195	0,197	0,196	0,1960	0,196	0,196	0,195	0,1957	0,199	0,198	0,199	0,1987	0,199	0,198	0,199	0,1987	41,33	37,33	34,67	26,67	35,00		
	3	-0,592	-0,597	-0,59	-0,5930	-0,585	-0,589	-0,588	-0,5873	-0,591	-0,591	-0,586	-0,5893	-0,595	-0,597	-0,596	-0,5960	-33,33	-1,33	-24,00	-28,00	-21,67		
CPP+Z	1	-0,211	-0,214	-0,217	-0,2140	-0,204	-0,208	-0,208	-0,2067	-0,206	-0,211	-0,207	-0,2080	-0,211	-0,217	-0,218	-0,2153	56,00	62,67	60,00	50,67	57,33	4,22	-543,333
	2	0,696	0,699	0,696	0,6970	0,703	0,702	0,701	0,7020	0,701	0,703	0,702	0,7020	0,693	0,694	0,694	0,6937	-4,00	-10,67	9,33	8,00	0,67		
	3	-0,528	-0,526	-0,528	-0,5273	-0,526	-0,521	-0,526	-0,5243	-0,508	-0,523	-0,531	-0,5207	-0,539	-0,538	-0,537	-0,5380	-100,00	-105,33	12,00	12,00	-45,33		
CPHP	1	-0,343	-0,345	-0,343	-0,3437	-0,34	-0,343	-0,348	-0,3437	-0,351	-0,354	-0,353	-0,3527	-0,349	-0,347	-0,352	-0,3493	-9,33	18,67	9,33	4,00	5,67	42,56	-437,222
	2	-2,171	-2,17	-2,173	-2,1713	-2,174	-2,174	-2,175	-2,1743	-2,17	-2,17	-2,172	-2,1707	-2,17	-2,173	-2,18	-2,1743	70,67	81,33	108,00	136,00	99,00		
	3	2,156	2,156	2,157	2,1563	2,15	2,151	2,15	2,1503	2,151	2,158	2,159	2,1560	2,153	2,154	2,154	2,1537	24,00	24,00	12,00	32,00	23,00		

Muestras	Probetas	Mediciones Día 4 en la Estufa. Cero de las Mediciones: -6,140mm																$\Delta L$ (mm/mm) x 10-6					$\Delta L$ (mm/mm) x10-6	$\Delta L$ (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
Patrón	1	0,268	0,268	0,268	0,2680	0,264	0,266	0,265	0,2650	0,269	0,267	0,267	0,2677	0,268	0,267	0,267	0,2673	-37,33	-53,33	-32,00	-24,00	-36,67	-33,89	-440,67
	2	0,19	0,191	0,189	0,1900	0,189	0,193	0,187	0,1897	0,194	0,194	0,196	0,1947	0,196	0,198	0,195	0,1963	-24,00	-24,00	-16,00	-9,33	-18,33		
	3	-0,603	-0,606	-0,605	-0,6047	-0,609	-0,609	-0,61	-0,6093	-0,599	-0,6	-0,599	-0,5993	-0,598	-0,6	-0,599	-0,5990	-46,67	-88,00	-40,00	-12,00	-46,67		
CPP+Z	1	-0,215	-0,215	-0,216	-0,2153	-0,207	-0,207	-0,209	-0,2077	-0,202	-0,209	-0,211	-0,2073	-0,219	-0,217	-0,217	-0,2177	-5,33	-4,00	2,67	-9,33	-4,00	-1,89	-547,11
	2	0,7	0,698	0,697	0,6983	0,702	0,704	0,703	0,7030	0,704	0,703	0,704	0,7037	0,695	0,698	0,696	0,6963	5,33	4,00	6,67	10,67	6,67		
	3	-0,524	-0,526	-0,528	-0,5260	-0,526	-0,523	-0,529	-0,5260	-0,535	-0,534	-0,531	-0,5333	-0,534	-0,534	-0,532	-0,5333	5,33	-6,67	-50,67	18,67	-8,33		
CPHP	1	-0,352	-0,35	-0,353	-0,3517	-0,354	-0,354	-0,355	-0,3543	-0,359	-0,363	-0,362	-0,3613	-0,364	-0,366	-0,367	-0,3657	-32,00	-42,67	-34,67	-65,33	-43,67	-21,00	-479,22
	2	-2,18	-2,181	-2,181	-2,1807	-2,185	-2,185	-2,182	-2,1840	-2,183	-2,184	-2,185	-2,1840	-2,189	-2,195	-2,195	-2,1930	-37,33	-38,67	-53,33	-74,67	-51,00		
	3	2,163	2,163	2,162	2,1627	2,159	2,157	2,157	2,1577	2,164	2,164	2,166	2,1647	2,167	2,163	2,159	2,1630	25,33	29,33	34,67	37,33	31,67		

Muestras	Probetas	Mediciones Día 5. Cero de las Mediciones: -6,140mm																$\Delta L$ (mm/mm) x 10-6					$\Delta L$ (mm/mm) x10-6	$\Delta L$ (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
Patrón	1	0,273	0,274	0,272	0,2730	0,27	0,268	0,269	0,2690	0,273	0,27	0,271	0,2713	0,269	0,269	0,269	0,2690	20,00	16,00	14,67	6,67	14,33	-12,67	-453,333
	2	0,191	0,19	0,19	0,1903	0,189	0,188	0,188	0,1883	0,194	0,194	0,195	0,1943	0,196	0,197	0,194	0,1957	1,33	-5,33	-1,33	-2,67	-2,00		
	3	-0,616	-0,619	-0,617	-0,6173	-0,621	-0,623	-0,624	-0,6227	-0,611	-0,61	-0,612	-0,6110	-0,613	-0,61	-0,612	-0,6117	-50,67	-53,33	-46,67	-50,67	-50,33		
CPP+Z	1	-0,226	-0,226	-0,23	-0,2273	-0,226	-0,224	-0,226	-0,2253	-0,22	-0,22	-0,219	-0,2197	-0,227	-0,227	-0,228	-0,2273	-48,00	-70,67	-49,33	-38,67	-51,67	-46,11	-593,222
	2	0,693	0,693	0,692	0,6927	0,697	0,698	0,698	0,6977	0,697	0,698	0,695	0,6967	0,692	0,693	0,691	0,6920	-22,67	-21,33	-28,00	-17,33	-22,33		
	3	-0,545	-0,544	-0,543	-0,5440	-0,543	-0,542	-0,544	-0,5430	-0,55	-0,549	-0,55	-0,5497	-0,544	-0,548	-0,547	-0,5463	-72,00	-68,00	-65,33	-52,00	-64,33		
CPHP	1	-0,365	-0,369	-0,368	-0,3673	-0,372	-0,374	-0,373	-0,3730	-0,376	-0,372	-0,38	-0,3760	-0,379	-0,38	-0,376	-0,3783	-62,67	-74,67	-58,67	-50,67	-61,67	-38,22	-517,444
	2	-2,191	-2,19	-2,192	-2,1910	-2,197	-2,195	-2,196	-2,1960	-2,195	-2,194	-2,19	-2,1930	-2,194	-2,191	-2,194	-2,1930	-41,33	-48,00	-36,00	0,00	-31,33		
	3	2,156	2,156	2,166	2,1593	2,15	2,15	2,15	2,1500	2,163	2,16	2,16	2,1610	2,155	2,155	2,158	2,1560	-13,33	-30,67	-14,67	-28,00	-21,67		

Muestras	Probetas	Mediciones Día 6 en la Estufa. Cero de las Mediciones: -6,140mm																$\Delta L$ (mm/mm) x 10 <sup>-6</sup>					$\Delta L$ (mm/mm) x10 <sup>-6</sup>	$\Delta L$ (x10 <sup>-6</sup> ) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
Patrón	1	0,256	0,258	0,258	0,2573	0,258	0,257	0,253	0,2560	0,259	0,258	0,258	0,2583	0,254	0,255	0,254	0,2543	-62,67	-52,00	-52,00	-58,67	-56,33	-27,56	-480,889
	2	0,183	0,182	0,179	0,1813	0,189	0,189	0,18	0,1860	0,184	0,184	0,185	0,1843	0,189	0,186	0,185	0,1867	-36,00	-9,33	-40,00	-36,00	-30,33		
	3	-0,616	-0,619	-0,619	-0,6180	-0,619	-0,62	-0,622	-0,6203	-0,613	-0,61	-0,61	-0,6110	-0,61	-0,609	-0,609	-0,6093	-2,67	9,33	0,00	9,33	4,00		
CPP+Z	1	-0,226	-0,225	-0,228	-0,2263	-0,223	-0,226	-0,224	-0,2243	-0,224	-0,224	-0,224	-0,2240	-0,226	-0,229	-0,228	-0,2277	4,00	4,00	-17,33	-1,33	-2,67	-14,56	-607,778
	2	0,684	0,683	0,682	0,6830	0,691	0,688	0,688	0,6890	0,693	0,687	0,686	0,6887	0,681	0,692	0,681	0,6847	-38,67	-34,67	-32,00	-29,33	-33,67		
	3	-0,547	-0,547	-0,548	-0,5473	-0,546	-0,546	-0,548	-0,5467	-0,551	-0,546	-0,551	-0,5493	-0,546	-0,547	-0,548	-0,5470	-13,33	-14,67	1,33	-2,67	-7,33		
CPHP	1	-0,431	-0,443	-0,443	-0,4390	-0,441	-0,447	-0,449	-0,4457	-0,452	-0,454	-0,454	-0,4533	-0,45	-0,451	-0,449	-0,4500	-286,67	-290,67	-309,33	-286,67	-293,33	-102,44	-619,889
	2	-2,191	-2,19	-2,191	-2,1907	-2,192	-2,193	-2,193	-2,1927	-2,191	-2,191	-2,191	-2,1910	-2,196	-2,199	-2,198	-2,1977	1,33	13,33	8,00	-18,67	1,00		
	3	2,154	2,154	2,154	2,1540	2,146	2,148	2,149	2,1477	2,158	2,158	2,157	2,1577	2,155	2,15	2,151	2,1520	-21,33	-9,33	-13,33	-16,00	-15,00		

Muestras	Probetas	Mediciones Día 7 en la Estufa. Cero de las Mediciones: -6,140mm																$\Delta L$ (mm/mm) x 10 <sup>-6</sup>					$\Delta L$ (mm/mm) x10 <sup>-6</sup>	$\Delta L$ (x10 <sup>-6</sup> ) Acumulativo
		Lecturas Equipo (mm) Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
Patrón	1	0,248	0,248	0,248	0,2480	0,246	0,248	0,245	0,2463	0,245	0,245	0,244	0,2447	0,244	0,245	0,242	0,2437	-37,33	-38,67	-54,67	-42,67	-43,33	-30,56	-511,444
	2	0,174	0,171	0,173	0,1727	0,171	0,17	0,169	0,1700	0,178	0,177	0,178	0,1777	0,177	0,177	0,176	0,1767	-34,67	-64,00	-26,67	-40,00	-41,33		
	3	-0,619	-0,618	-0,614	-0,6170	-0,623	-0,626	-0,625	-0,6247	-0,612	-0,613	-0,612	-0,6123	-0,611	-0,612	-0,612	-0,6117	4,00	-17,33	-5,33	-9,33	-7,00		
CPP+Z	1	-0,227	-0,228	-0,227	-0,2273	-0,22	-0,222	-0,223	-0,2217	-0,22	-0,221	-0,218	-0,2197	-0,228	-0,229	-0,229	-0,2287	-4,00	10,67	17,33	-4,00	5,00	-20,56	-628,333
	2	0,675	0,674	0,673	0,6740	0,683	0,683	0,682	0,6827	0,685	0,68	0,68	0,6817	0,674	0,675	0,673	0,6740	-36,00	-25,33	-28,00	-42,67	-33,00		
	3	-0,553	-0,553	-0,554	-0,5533	-0,554	-0,558	-0,557	-0,5563	-0,558	-0,562	-0,559	-0,5597	-0,555	-0,554	-0,555	-0,5547	-24,00	-38,67	-41,33	-30,67	-33,67		
CPHP	1	-0,475	-0,485	-0,485	-0,4817	-0,477	-0,479	-0,48	-0,4787	-0,485	-0,485	-0,488	-0,4860	-0,493	-0,48	-0,486	-0,4863	-170,67	-132,00	-130,67	-145,33	-144,67	-69,33	-689,222
	2	-2,202	-2,201	-2,201	-2,2013	-2,204	-2,207	-2,204	-2,2050	-2,203	-2,204	-2,2	-2,2023	-2,21	-2,21	-2,211	-2,2103	-42,67	-49,33	-45,33	-50,67	-47,00		
	3	2,15	2,149	2,149	2,1493	2,144	2,143	2,145	2,1440	2,154	2,155	2,152	2,1537	2,148	2,15	2,146	2,1480	-18,67	-14,67	-16,00	-16,00	-16,33		

Ciclo sombra (2013)

Muestras	Probetas	Lecturas Equipo (mm)																ΔL (mm/mm) x 10-6					ΔL (mm/mm) x10-6	ΔL (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
1	1	2,021	2,022	2,021	2,0213	2,039	2,025	2,028	2,0307	2,025	2,02	2,019	2,0213	2,024	2,027	2,028	2,0263	-37,33	-14,67	-21,33	4,00	-17,33	-15,78	-189,889
	1*	-0,106	-0,107	-0,106	-0,1063	-0,118	-0,117	-0,117	-0,1173	-0,116	-0,116	-0,116	-0,1160	-0,116	-0,116	-0,116	-0,1160	14,67	18,67	13,33	9,33	14,00		
	1**	-1,26	-1,261	-1,262	-1,2610	-1,255	-1,258	-1,259	-1,2573	-1,262	-1,261	-1,26	-1,2610	-1,26	-1,263	-1,264	-1,2623	-30,67	-44,00	-38,67	-62,67	-44,00		
2	2	1,288	1,288	1,286	1,2873	1,287	1,287	1,286	1,2867	1,287	1,287	1,287	1,2870	1,292	1,292	1,29	1,2913	17,33	9,33	2,67	18,67	12,00	-2,67	-16,333
	2*	-0,734	-0,734	-0,734	-0,7340	-0,731	-0,731	-0,731	-0,7310	-0,733	-0,733	-0,733	-0,7330	-0,734	-0,735	-0,735	-0,7347	-10,67	-12,00	-16,00	-16,00	-13,67		
	2**	0,699	0,696	0,699	0,6980	0,702	0,703	0,704	0,7030	0,705	0,707	0,705	0,7057	0,703	0,7	0,699	0,7007	-20,00	-9,33	2,67	1,33	-6,33		
3	3	2,269	2,277	2,271	2,2723	2,273	2,271	2,29	2,2780	2,271	2,273	2,263	2,2690	2,273	2,267	2,28	2,2733	-32,00	-20,00	-28,00	-61,33	-35,33	-15,61	-75,500
	3*	-1,71	-1,709	-1,715	-1,7113	-1,709	-1,711	-1,708	-1,7093	-1,708	-1,708	-1,707	-1,7077	-1,71	-1,713	-1,712	-1,7117	12,00	1,33	-9,33	-1,33	0,67		
	3**	-4,719	-4,764	-4,744	-4,7415	-4,739	-4,737	-4,739	-4,7383	-4,731	-4,723	-4,736	-4,7300	-4,741	-4,734	-4,739	-4,7380	12,67	-6,67	29,33	-84,00	-12,17		
4	4	0,805	0,805	0,804	0,8047	0,811	0,807	0,812	0,8100	0,813	0,816	0,816	0,8150	0,806	0,807	0,806	0,8063	-14,67	-2,67	6,67	-5,33	-4,00	-33,33	-89,778
	4*	1,385	1,385	1,385	1,3850	1,386	1,387	1,387	1,3867	1,39	1,39	1,383	1,3877	1,382	1,382	1,381	1,3817	-40,00	-36,00	-42,67	-38,67	-39,33		
	4**	-2,012	-1,998	-1,997	-2,0023	-1,985	-2,021	-2,023	-2,0097	-2,017	-1,99	-2,011	-2,0060	-1,989	-2,023	-2,016	-2,0093	-44,00	-122,67	-17,33	-42,67	-56,67		
5	5	-4,094	-4,098	-4,098	-4,0967	-4,105	-4,102	-4,103	-4,1033	-4,098	-4,094	-4,096	-4,0960	-4,105	-4,106	-4,104	-4,1050	0,00	-9,33	2,67	-13,33	-5,00	-11,00	-68,000
	5*	1,248	1,247	1,247	1,2473	1,245	1,242	1,242	1,2430	1,245	1,245	1,245	1,2450	1,24	1,239	1,24	1,2397	-34,67	-29,33	-33,33	-33,33	-32,67		
	5**	1,98	1,979	1,978	1,9790	1,979	1,98	1,981	1,9800	1,978	1,98	1,984	1,9807	1,98	1,982	1,98	1,9807	8,00	1,33	12,00	-2,67	4,67		
6	6	0,887	0,889	0,888	0,8880	0,884	0,884	0,885	0,8843	0,888	0,891	0,893	0,8907	0,887	0,887	0,886	0,8867	-50,67	-57,33	-40,00	-48,00	-49,00	-22,00	-75,000
	6*	0,963	0,959	0,961	0,9610	0,955	0,954	0,964	0,9577	0,957	0,955	0,963	0,9583	0,952	0,962	0,953	0,9557	0,00	1,33	0,00	-1,33	0,00		
	6**	-0,904	-0,903	-0,903	-0,9033	-0,901	-0,902	-0,902	-0,9017	-0,906	-0,908	-0,907	-0,9070	-0,903	-0,902	-0,903	-0,9027	-21,33	-17,33	-17,33	-12,00	-17,00		
7	7	-1,899	-1,9	-1,9	-1,8997	-1,896	-1,902	-1,896	-1,8980	-1,901	-1,901	-1,901	-1,9010	-1,902	-1,9	-1,897	-1,8997	-16,00	-22,67	-14,67	-6,67	-15,00	-15,89	-73,000
	7*	2,41	2,41	2,41	2,4100	2,404	2,404	2,404	2,4040	2,403	2,403	2,402	2,4027	2,41	2,408	2,409	2,4090	2,67	0,00	2,67	-4,00	0,33		
	7**	0,257	0,257	0,252	0,2553	0,258	0,258	0,262	0,2593	0,255	0,259	0,256	0,2567	0,258	0,253	0,254	0,2550	-28,00	-29,33	-34,67	-40,00	-33,00		
8	8	-0,902	-0,903	-0,904	-0,9030	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9000	-0,902	-0,902	-0,9	-0,9013	-0,899	-0,895	-0,895	-0,8963	-16,00	-8,00	-12,00	-1,33	-9,33	2,89	-124,889
	8*	-1,379	-1,378	-1,38	-1,3790	-1,38	-1,38	-1,38	-1,3800	-1,378	-1,378	-1,378	-1,3780	-1,379	-1,367	-1,36	-1,3687	-13,33	-22,67	-21,33	22,67	-8,67		
	8**	-1,19	-1,19	-1,182	-1,1873	-1,225	-1,225	-1,223	-1,2243	-1,22	-1,219	-1,218	-1,2190	-1,225	-1,226	-1,227	-1,2260	150,67	-14,67	-10,67	-18,67	26,67		

Mediciones Día 1. Fecha: 10/06/15. Cero de las Mediciones: -6.140mm																								
Muestras	Probetas	Lecturas Equipo (mm)																ΔL (mm/mm) x 10-6					ΔL (mm/mm) x10-6	ΔL (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
1	1	1,992	1,993	1,993	1,9927	1,997	2	1,997	1,9980	2,005	1,992	1,993	1,9967	1,996	1,998	2,003	1,9990	-114,67	-130,67	-98,67	-109,33	-113,33	-98,33	-288,222
	1*	-0,136	-0,137	-0,137	-0,1367	-0,149	-0,148	-0,149	-0,1487	-0,145	-0,143	-0,146	-0,1447	-0,142	-0,142	-0,144	-0,1427	-121,33	-125,33	-114,67	-106,67	-117,00		
	1**	-1,262	-1,282	-1,279	-1,2743	-1,274	-1,275	-1,275	-1,2747	-1,28	-1,28	-1,279	-1,2797	-1,278	-1,278	-1,277	-1,2777	-53,33	-69,33	-74,67	-61,33	-64,67		
2	2	1,258	1,26	1,258	1,2587	1,257	1,257	1,257	1,2570	1,258	1,258	1,258	1,2580	1,26	1,26	1,261	1,2603	-114,67	-118,67	-116,00	-124,00	-118,33	-106,44	-122,778
	2*	-0,753	-0,753	-0,754	-0,7533	-0,75	-0,751	-0,749	-0,7500	-0,75	-0,75	-0,753	-0,7510	-0,754	-0,753	-0,755	-0,7540	-77,33	-76,00	-72,00	-77,33	-75,67		
	2**	0,666	0,667	0,665	0,6660	0,675	0,676	0,672	0,6743	0,675	0,672	0,673	0,6733	0,669	0,669	0,667	0,6683	-128,00	-114,67	-129,33	-129,33	-125,33		
3	3	2,274	2,272	2,269	2,2717	2,268	2,269	2,263	2,2667	2,255	2,262	2,258	2,2583	2,265	2,267	2,258	2,2633	-2,67	-45,33	-42,67	-40,00	-32,67	-73,83	-149,333
	3*	-1,74	-1,739	-1,741	-1,7400	-1,736	-1,736	-1,736	-1,7360	-1,736	-1,734	-1,736	-1,7353	-1,738	-1,737	-1,738	-1,7377	-114,67	-106,67	-110,67	-104,00	-109,00		
	3**	-4,764	-4,769	-4,763	-4,7653	-4,754	-4,753	-4,753	-4,7533	-4,752	-4,753	-4,755	-4,7533	-4,762	-4,749	-4,756	-4,7557	-95,33	-60,00	-93,33	-70,67	-79,83		
4	4	0,782	0,779	0,779	0,7800	0,784	0,783	0,783	0,7833	0,791	0,791	0,788	0,7900	0,781	0,781	0,779	0,7803	-98,67	-106,67	-100,00	-104,00	-102,33	-139,00	-228,778
	4*	1,365	1,369	1,363	1,3657	1,359	1,36	1,361	1,3600	1,361	1,367	1,368	1,3653	1,356	1,356	1,355	1,3557	-77,33	-106,67	-89,33	-104,00	-94,33		
	4**	-2,061	-2,062	-2,06	-2,0610	-2,054	-2,06	-2,065	-2,0597	-2,06	-2,059	-2,062	-2,0603	-2,065	-2,067	-2,068	-2,0667	-234,67	-200,00	-217,33	-229,33	-220,33		
5	5	-4,121	-4,123	-4,12	-4,1213	-4,128	-4,127	-4,127	-4,1273	-4,12	-4,122	-4,123	-4,1217	-4,126	-4,128	-4,129	-4,1277	-98,67	-96,00	-102,67	-90,67	-97,00	-93,00	-161,000
	5*	1,228	1,229	1,229	1,2287	1,224	1,224	1,228	1,2253	1,226	1,229	1,225	1,2267	1,223	1,222	1,222	1,2223	-74,67	-70,67	-73,33	-69,33	-72,00		
	5**	1,948	1,951	1,948	1,9490	1,952	1,952	1,954	1,9527	1,954	1,951	1,952	1,9523	1,955	1,96	1,954	1,9563	-120,00	-109,33	-113,33	-97,33	-110,00		
6	6	0,875	0,879	0,879	0,8777	0,873	0,873	0,872	0,8727	0,876	0,874	0,874	0,8747	0,873	0,874	0,872	0,8730	-41,33	-46,67	-64,00	-54,67	-51,67	-75,89	-150,889
	6*	0,938	0,939	0,935	0,9373	0,932	0,932	0,932	0,9320	0,934	0,934	0,937	0,9350	0,932	0,932	0,935	0,9330	-94,67	-102,67	-93,33	-90,67	-95,33		
	6**	-0,922	-0,922	-0,921	-0,9217	-0,921	-0,921	-0,922	-0,9213	-0,927	-0,927	-0,928	-0,9273	-0,925	-0,925	-0,925	-0,9250	-73,33	-78,67	-81,33	-89,33	-80,67		
7	7	-1,92	-1,915	-1,922	-1,9190	-1,915	-1,91	-1,917	-1,9140	-1,922	-1,923	-1,922	-1,9223	-1,922	-1,917	-1,918	-1,9190	-77,33	-64,00	-85,33	-77,33	-76,00	-80,78	-153,778
	7*	2,385	2,38	2,38	2,3817	2,379	2,379	2,379	2,3790	2,377	2,376	2,376	2,3763	2,38	2,381	2,382	2,3810	-113,33	-100,00	-105,33	-112,00	-107,67		
	7**	0,243	0,24	0,239	0,2407	0,243	0,244	0,245	0,2440	0,241	0,243	0,242	0,2420	0,242	0,239	0,242	0,2410	-58,67	-61,33	-58,67	-56,00	-58,67		
8	8	-0,921	-0,921	-0,92	-0,9207	-0,919	-0,918	-0,919	-0,9187	-0,915	-0,91	-0,914	-0,9130	-0,915	-0,913	-0,914	-0,9140	-70,67	-74,67	-46,67	-70,67	-65,67	-95,89	-220,778
	8*	-1,402	-1,402	-1,402	-1,4020	-1,402	-1,402	-1,403	-1,4023	-1,399	-1,4	-1,398	-1,3990	-1,4	-1,398	-1,401	-1,3997	-92,00	-89,33	-84,00	-124,00	-97,33		
	8**	-1,253	-1,246	-1,244	-1,2477	-1,249	-1,249	-1,25	-1,2493	-1,244	-1,242	-1,241	-1,2423	-1,247	-1,249	-1,23	-1,2420	-241,33	-100,00	-93,33	-64,00	-124,67		

Muestras	Probetas	Mediciones Día 2. Cero de las Mediciones: -6.140mm																ΔL (mm/mm) x 10-6					ΔL (mm/mm) x10-6	ΔL (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
1	1	1,998	1,995	1,996	1,9963	2,002	2	2,002	2,0013	2,004	2,006	2,007	2,0057	1,999	2	2,002	2,0003	14,67	13,33	36,00	5,33	17,33	-0,89	-289,111
	1*	-0,138	-0,137	-0,137	-0,1373	-0,152	-0,154	-0,154	-0,1533	-0,147	-0,147	-0,148	-0,1473	-0,145	-0,145	-0,144	-0,1447	-2,67	-18,67	-10,67	-8,00	-10,00		
	1**	-1,282	-1,282	-1,284	-1,2827	-1,271	-1,28	-1,278	-1,2763	-1,28	-1,284	-1,285	-1,2830	-1,274	-1,274	-1,275	-1,2743	-33,33	-6,67	-13,33	13,33	-10,00		
2	2	1,261	1,262	1,261	1,2613	1,26	1,262	1,26	1,2607	1,265	1,262	1,262	1,2630	1,265	1,262	1,263	1,2633	10,67	14,67	20,00	12,00	14,33	15,22	-107,556
	2*	-0,751	-0,748	-0,749	-0,7493	-0,748	-0,748	-0,747	-0,7477	-0,748	-0,748	-0,749	-0,7483	-0,752	-0,75	-0,75	-0,7507	16,00	9,33	10,67	13,33	12,33		
	2**	0,672	0,67	0,673	0,6717	0,678	0,678	0,678	0,6780	0,679	0,678	0,679	0,6787	0,672	0,675	0,671	0,6727	22,67	14,67	21,33	17,33	19,00		
3	3	2,262	2,264	2,259	2,2617	2,262	2,266	2,265	2,2643	2,265	2,263	2,264	2,2640	2,263	2,267	2,263	2,2643	-40,00	-9,33	22,67	4,00	-5,67	67,44	-143,556
	3*	-1,738	-1,737	-1,737	-1,7373	-1,734	-1,733	-1,732	-1,7330	-1,73	-1,732	-1,732	-1,7313	-1,735	-1,737	-1,734	-1,7353	10,67	12,00	16,00	9,33	12,00		
	3**	-4,756	-4,748	-4,755	-4,7530	-4,747	-4,742	-4,767	-4,7520	-4,728	-4,765	-4,756	-4,7497	-4,741	-4,768	-4,777	-4,7620	49,33	5,33	14,67	-25,33	196,00		
4	4	0,781	0,779	0,779	0,7797	0,783	0,783	0,783	0,7830	0,789	0,789	0,788	0,7887	0,78	0,779	0,779	0,7793	-1,33	-1,33	-5,33	-4,00	-3,00	-1,33	-230,111
	4*	1,357	1,357	1,357	1,3570	1,359	1,358	1,358	1,3583	1,364	1,364	1,363	1,3637	1,356	1,355	1,355	1,3553	-34,67	-6,67	-6,67	-1,33	-12,33		
	4**	-2,063	-2,062	-2,06	-2,0617	-2,054	-2,058	-2,041	-2,0510	-2,061	-2,054	-2,062	-2,0590	-2,071	-2,065	-2,058	-2,0647	-2,67	34,67	5,33	8,00	11,33		
5	5	-4,121	-4,122	-4,12	-4,1210	-4,128	-4,129	-4,129	-4,1287	-4,124	-4,124	-4,123	-4,1237	-4,13	-4,129	-4,129	-4,1293	1,33	-5,33	-8,00	-6,67	-4,67	0,44	-160,556
	5*	1,228	1,23	1,227	1,2283	1,222	1,22	1,221	1,2210	1,226	1,224	1,225	1,2250	1,221	1,221	1,222	1,2213	-1,33	-17,33	-6,67	-4,00	-7,33		
	5**	1,952	1,951	1,955	1,9527	1,956	1,956	1,955	1,9557	1,954	1,957	1,956	1,9557	1,959	1,961	1,959	1,9597	14,67	12,00	13,33	13,33	13,33		
6	6	0,87	0,872	0,873	0,8717	0,869	0,868	0,869	0,8687	0,879	0,874	0,872	0,8750	0,871	0,871	0,872	0,8713	-24,00	-16,00	1,33	-6,67	-11,33	-0,22	-151,111
	6*	0,938	0,939	0,937	0,9380	0,939	0,938	0,939	0,9387	0,938	0,938	0,939	0,9383	0,936	0,938	0,935	0,9363	2,67	26,67	13,33	13,33	14,00		
	6**	-0,925	-0,924	-0,924	-0,9243	-0,924	-0,923	-0,923	-0,9233	-0,925	-0,929	-0,928	-0,9273	-0,924	-0,924	-0,923	-0,9237	-10,67	-8,00	0,00	5,33	-3,33		
7	7	-1,925	-1,925	-1,925	-1,9250	-1,924	-1,927	-1,927	-1,9260	-1,925	-1,926	-1,924	-1,9250	-1,922	-1,926	-1,925	-1,9243	-24,00	-48,00	-10,67	-21,33	-26,00	-8,89	-162,667
	7*	2,386	2,387	2,384	2,3857	2,383	2,384	2,384	2,3837	2,382	2,381	2,382	2,3817	2,388	2,386	2,386	2,3867	16,00	18,67	21,33	22,67	19,67		
	7**	0,237	0,238	0,238	0,2377	0,241	0,241	0,239	0,2403	0,235	0,235	0,236	0,2353	0,234	0,233	0,235	0,2340	-12,00	-14,67	-26,67	-28,00	-20,33		
8	8	-0,923	-0,922	-0,924	-0,9230	-0,919	-0,918	-0,917	-0,9180	-0,919	-0,918	-0,92	-0,9190	-0,91	-0,917	-0,916	-0,9143	-9,33	2,67	-24,00	-1,33	-8,00	-15,44	-236,222
	8*	-1,406	-1,401	-1,407	-1,4047	-1,406	-1,406	-1,407	-1,4063	-1,403	-1,403	-1,402	-1,4027	-1,404	-1,406	-1,405	-1,4050	-10,67	-16,00	-14,67	-21,33	-15,67		
	8**	-1,257	-1,257	-1,254	-1,2560	-1,253	-1,252	-1,25	-1,2517	-1,245	-1,246	-1,246	-1,2457	-1,25	-1,251	-1,251	-1,2507	-33,33	-9,33	-13,33	-34,67	-22,67		

Mediciones Dia 3. Cero de las Mediciones: -6.140mm																								
Muestras	Probetas	Lecturas Equipo (mm)																ΔL (mm/mm) x 10-6					ΔL (mm/mm) x10-6	ΔL (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
1	1	1,997	2,002	1,999	1,9993	2,001	2,001	2,001	2,0010	1,997	1,996	1,996	1,9963	2	2,001	2,001	2,0007	12,00	-1,33	-37,33	1,33	-6,33	-3,00	-292,111
	1*	-0,136	-0,135	-0,135	-0,1353	-0,148	-0,151	-0,151	-0,1500	-0,145	-0,145	-0,146	-0,1453	-0,143	-0,143	-0,143	-0,1430	8,00	13,33	8,00	6,67	9,00		
	1**	-1,286	-1,286	-1,283	-1,2850	-1,274	-1,275	-1,272	-1,2737	-1,287	-1,288	-1,286	-1,2870	-1,283	-1,282	-1,282	-1,2823	-9,33	10,67	-16,00	-32,00	-11,67		
2	2	1,261	1,261	1,261	1,2610	1,261	1,262	1,264	1,2623	1,263	1,264	1,263	1,2633	1,266	1,264	1,264	1,2647	-1,33	6,67	1,33	5,33	3,00	1,78	-105,778
	2*	-0,751	-0,752	-0,75	-0,7510	-0,748	-0,747	-0,747	-0,7473	-0,748	-0,748	-0,747	-0,7477	-0,749	-0,749	-0,749	-0,7490	-6,67	1,33	2,67	6,67	1,00		
	2**	0,672	0,671	0,671	0,6713	0,678	0,676	0,678	0,6773	0,68	0,68	0,681	0,6803	0,673	0,673	0,674	0,6733	-1,33	-2,67	6,67	2,67	1,33		
3	3	2,267	2,264	2,263	2,2647	2,264	2,267	2,265	2,2653	2,259	2,261	2,262	2,2607	2,262	2,262	2,265	2,2630	12,00	4,00	-13,33	-5,33	-0,67	0,89	-142,667
	3*	-1,738	-1,738	-1,737	-1,7377	-1,734	-1,734	-1,735	-1,7343	-1,732	-1,732	-1,732	-1,7320	-1,735	-1,735	-1,734	-1,7347	-1,33	-5,33	-2,67	2,67	-1,67		
	3**	-4,747	-4,734	-4,749	-4,7433	-4,741	-4,741	-4,742	-4,7413	-4,757	-4,758	-4,759	-4,7580	-4,772	-4,766	-4,769	-4,7690	38,67	42,67	-33,33	-28,00	5,00		
4	4	0,781	0,783	0,78	0,7813	0,784	0,784	0,786	0,7847	0,79	0,787	0,786	0,7877	0,782	0,78	0,78	0,7807	6,67	6,67	-4,00	5,33	3,67	1,89	-228,222
	4*	1,369	1,357	1,357	1,3610	1,359	1,36	1,36	1,3597	1,366	1,366	1,367	1,3663	1,356	1,357	1,356	1,3563	16,00	5,33	10,67	4,00	9,00		
	4**	-2,061	-2,061	-2,06	-2,0607	-2,055	-2,058	-2,056	-2,0563	-2,06	-2,06	-2,06	-2,0600	-2,066	-2,066	-2,067	-2,0663	4,00	-21,33	-4,00	-6,67	-7,00		
5	5	-4,123	-4,124	-4,12	-4,1223	-4,127	-4,127	-4,129	-4,1277	-4,124	-4,122	-4,123	-4,1230	-4,128	-4,129	-4,127	-4,1280	-5,33	4,00	2,67	5,33	1,67	-0,89	-161,444
	5*	1,231	1,23	1,23	1,2303	1,222	1,223	1,225	1,2233	1,226	1,226	1,225	1,2257	1,221	1,223	1,222	1,2220	8,00	9,33	2,67	2,67	5,67		
	5**	1,949	1,95	1,949	1,9493	1,954	1,954	1,955	1,9543	1,954	1,952	1,953	1,9530	1,958	1,956	1,957	1,9570	-13,33	-5,33	-10,67	-10,67	-10,00		
6	6	0,877	0,877	0,876	0,8767	0,874	0,872	0,872	0,8727	0,876	0,876	0,877	0,8763	0,876	0,873	0,873	0,8740	20,00	16,00	5,33	10,67	13,00	6,22	-144,889
	6*	0,943	0,939	0,94	0,9407	0,943	0,937	0,937	0,9390	0,94	0,94	0,939	0,9397	0,937	0,937	0,939	0,9377	10,67	1,33	5,33	5,33	5,67		
	6**	-0,924	-0,924	-0,924	-0,9240	-0,923	-0,923	-0,923	-0,9230	-0,926	-0,929	-0,928	-0,9277	-0,924	-0,924	-0,924	-0,9240	1,33	1,33	-1,33	-1,33	0,00		
7	7	-1,915	-1,916	-1,92	-1,9170	-1,923	-1,923	-1,923	-1,9230	-1,922	-1,923	-1,923	-1,9227	-1,923	-1,917	-1,919	-1,9197	32,00	12,00	9,33	18,67	18,00	8,00	-154,667
	7*	2,386	2,384	2,384	2,3847	2,382	2,382	2,381	2,3817	2,378	2,381	2,378	2,3790	2,388	2,386	2,386	2,3867	-4,00	-8,00	-10,67	0,00	-5,67		
	7**	0,237	0,237	0,237	0,2370	0,243	0,244	0,244	0,2437	0,243	0,242	0,24	0,2417	0,238	0,236	0,236	0,2367	-2,67	13,33	25,33	10,67	11,67		
8	8	-0,919	-0,919	-0,92	-0,9193	-0,916	-0,915	-0,917	-0,9160	-0,917	-0,914	-0,913	-0,9147	-0,914	-0,912	-0,915	-0,9137	14,67	8,00	17,33	2,67	10,67	10,11	-226,111
	8*	-1,404	-1,404	-1,403	-1,4037	-1,404	-1,404	-1,403	-1,4037	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4000	-1,404	-1,403	-1,403	-1,4033	4,00	10,67	10,67	6,67	8,00		
	8**	-1,257	-1,256	-1,255	-1,2560	-1,247	-1,248	-1,249	-1,2480	-1,243	-1,242	-1,242	-1,2423	-1,243	-1,246	-1,249	-1,2460	0,00	14,67	13,33	18,67	11,67		

Muestras	Probetas	Mediciones Día 4. Cero de las Mediciones: -6.140mm																ΔL (mm/mm) x 10-6					ΔL (mm/mm) x10-6	ΔL (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
1	1	1,999	1,999	1,998	1,9987	2,004	2,004	2,005	2,0043	2,006	1,996	1,996	1,9993	2,001	2,003	2,002	2,0020	-2,67	13,33	12,00	5,33	7,00	-1,44	-293,555
	1*	-0,137	-0,137	-0,136	-0,1367	-0,148	-0,15	-0,15	-0,1493	-0,146	-0,147	-0,147	-0,1467	-0,144	-0,144	-0,141	-0,1430	-5,33	2,67	-5,33	0,00	-2,00		
	1**	-1,281	-1,281	-1,276	-1,2793	-1,288	-1,287	-1,289	-1,2880	-1,287	-1,287	-1,289	-1,2877	-1,283	-1,283	-1,281	-1,2823	22,67	-57,33	-2,67	0,00	-9,33		
2	2	1,262	1,261	1,264	1,2623	1,26	1,263	1,258	1,2603	1,257	1,258	1,258	1,2577	1,263	1,264	1,262	1,2630	5,33	-8,00	-22,67	-6,67	-8,00	-15,11	-120,889
	2*	-0,758	-0,757	-0,756	-0,7570	-0,753	-0,753	-0,753	-0,7530	-0,752	-0,753	-0,751	-0,7520	-0,755	-0,755	-0,757	-0,7557	-24,00	-22,67	-17,33	-26,67	-22,67		
	2**	0,665	0,669	0,67	0,6680	0,671	0,672	0,671	0,6713	0,674	0,674	0,673	0,6737	0,673	0,675	0,676	0,6747	-13,33	-24,00	-26,67	5,33	-14,67		
3	3	2,263	2,263	2,261	2,2623	2,262	2,261	2,259	2,2607	2,26	2,257	2,259	2,2587	2,26	2,261	2,262	2,2610	-9,33	-18,67	-8,00	-8,00	-11,00	-57,78	-152,333
	3*	-1,743	-1,745	-1,745	-1,7443	-1,738	-1,741	-1,74	-1,7397	-1,739	-1,74	-1,737	-1,7387	-1,738	-1,735	-1,741	-1,7380	-26,67	-21,33	-26,67	-13,33	-22,00		
	3**	-4,746	-4,744	-4,743	-4,7443	-4,741	-4,743	-4,731	-4,7383	-4,752	-4,759	-4,758	-4,7563	-4,769	-4,769	-4,768	-4,7687	-4,00	12,00	6,67	1,33	-140,33		
4	4	0,781	0,78	0,78	0,7803	0,786	0,784	0,785	0,7850	0,786	0,787	0,789	0,7873	0,789	0,78	0,781	0,7833	-4,00	1,33	-1,33	10,67	1,67	-2,22	-230,444
	4*	1,359	1,357	1,355	1,3570	1,357	1,358	1,359	1,3580	1,366	1,364	1,364	1,3647	1,354	1,354	1,353	1,3537	-16,00	-6,67	-6,67	-10,67	-10,00		
	4**	-2,064	-2,063	-2,064	-2,0637	-2,048	-2,051	-2,064	-2,0543	-2,052	-2,054	-2,059	-2,0550	-2,069	-2,068	-2,069	-2,0687	-12,00	8,00	20,00	-9,33	1,67		
5	5	-4,127	-4,126	-4,131	-4,1280	-4,127	-4,124	-4,128	-4,1263	-4,126	-4,131	-4,132	-4,1297	-4,133	-4,137	-4,136	-4,1353	-22,67	5,33	-26,67	-29,33	-18,33	-10,33	-171,778
	5*	1,229	1,229	1,229	1,2290	1,222	1,222	1,222	1,2220	1,226	1,226	1,226	1,2260	1,225	1,221	1,222	1,2227	-5,33	-5,33	1,33	2,67	-1,67		
	5**	1,947	1,945	1,948	1,9467	1,952	1,952	1,951	1,9517	1,951	1,948	1,949	1,9493	1,953	1,958	1,954	1,9550	-10,67	-10,67	-14,67	-8,00	-11,00		
6	6	0,874	0,875	0,873	0,8740	0,873	0,869	0,87	0,8707	0,876	0,873	0,875	0,8747	0,871	0,872	0,873	0,8720	-10,67	-8,00	-6,67	-8,00	-8,33	-18,78	-163,667
	6*	0,939	0,937	0,934	0,9367	0,931	0,93	0,931	0,9307	0,934	0,932	0,933	0,9330	0,931	0,932	0,936	0,9330	-16,00	-33,33	-26,67	-18,67	-23,67		
	6**	-0,929	-0,931	-0,932	-0,9307	-0,929	-0,929	-0,93	-0,9293	-0,93	-0,935	-0,935	-0,9333	-0,927	-0,931	-0,931	-0,9297	-26,67	-25,33	-22,67	-22,67	-24,33		
7	7	-1,922	-1,922	-1,918	-1,9207	-1,924	-1,924	-1,924	-1,9240	-1,922	-1,923	-1,924	-1,9230	-1,923	-1,923	-1,923	-1,9230	-14,67	-4,00	-1,33	-13,33	-8,33	-5,56	-160,222
	7*	2,381	2,381	2,383	2,3817	2,376	2,379	2,378	2,3777	2,378	2,378	2,377	2,3777	2,383	2,385	2,387	2,3850	-12,00	-16,00	-5,33	-6,67	-10,00		
	7**	0,237	0,237	0,238	0,2373	0,243	0,243	0,243	0,2430	0,24	0,239	0,243	0,2407	0,244	0,238	0,237	0,2397	1,33	-2,67	-4,00	12,00	1,67		
8	8	-0,919	-0,918	-0,92	-0,9190	-0,917	-0,917	-0,917	-0,9170	-0,916	-0,916	-0,915	-0,9157	-0,913	-0,912	-0,912	-0,9123	1,33	-4,00	-4,00	5,33	-0,33	0,33	-225,778
	8*	-1,404	-1,406	-1,403	-1,4043	-1,403	-1,402	-1,405	-1,4033	-1,403	-1,402	-1,403	-1,4027	-1,403	-1,404	-1,404	-1,4037	-2,67	1,33	-10,67	-1,33	-3,33		
	8**	-1,253	-1,255	-1,254	-1,2540	-1,246	-1,248	-1,248	-1,2473	-1,24	-1,24	-1,24	-1,2400	-1,246	-1,246	-1,247	-1,2463	8,00	2,67	9,33	-1,33	4,67		

Mediciones Día 5. Cero de las Mediciones: -6.140mm																								
Muestras	Probetas	Lecturas Equipo (mm)																ΔL (mm/mm) x 10-6					ΔL (mm/mm) x10-6	ΔL (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
1	1	1,995	1,996	1,998	1,9963	1,998	1,999	1,997	1,9980	1,994	1,994	1,992	1,9933	1,998	1,999	1,997	1,9980	-9,33	-25,33	-24,00	-16,00	-18,67	-12,11	-305,666
	1*	-0,139	-0,139	-0,14	-0,1393	-0,156	-0,155	-0,155	-0,1553	-0,149	-0,149	-0,15	-0,1493	-0,145	-0,146	-0,146	-0,1457	-10,67	-24,00	-10,67	-10,67	-14,00		
	1**	-1,285	-1,285	-1,288	-1,2860	-1,277	-1,279	-1,281	-1,2790	-1,293	-1,284	-1,289	-1,2887	-1,286	-1,288	-1,288	-1,2873	-26,67	36,00	-4,00	-20,00	-3,67		
2	2	1,256	1,26	1,255	1,2570	1,256	1,256	1,256	1,2560	1,263	1,259	1,256	1,2593	1,261	1,261	1,26	1,2607	-21,33	-17,33	6,67	-9,33	-10,33	-2,33	-123,222
	2*	-0,754	-0,754	-0,755	-0,7543	-0,751	-0,75	-0,752	-0,7510	-0,752	-0,751	-0,751	-0,7513	-0,754	-0,754	-0,753	-0,7537	10,67	8,00	2,67	8,00	7,33		
	2**	0,666	0,666	0,664	0,6653	0,671	0,672	0,673	0,6720	0,675	0,675	0,675	0,6750	0,673	0,671	0,67	0,6713	-10,67	2,67	5,33	-13,33	-4,00		
3	3	2,258	2,259	2,257	2,2580	2,257	2,261	2,259	2,2590	2,258	2,258	2,259	2,2583	2,258	2,258	2,258	2,2580	-17,33	-6,67	-1,33	-12,00	-9,33	-1,33	-153,667
	3*	-1,743	-1,743	-1,742	-1,7427	-1,738	-1,74	-1,74	-1,7393	-1,737	-1,737	-1,737	-1,7370	-1,741	-1,741	-1,741	-1,7410	6,67	1,33	6,67	-12,00	0,67		
	3**	-4,734	-4,735	-4,733	-4,7340	-4,732	-4,731	-4,726	-4,7297	-4,766	-4,767	-4,761	-4,7647	-4,774	-4,774	-4,776	-4,7747	41,33	34,67	-33,33	-24,00	4,67		
4	4	0,779	0,78	0,78	0,7797	0,783	0,783	0,785	0,7837	0,786	0,788	0,785	0,7863	0,779	0,78	0,782	0,7803	-2,67	-5,33	-4,00	-12,00	-6,00	-13,44	-243,889
	4*	1,353	1,353	1,352	1,3527	1,355	1,355	1,355	1,3550	1,362	1,362	1,36	1,3613	1,351	1,351	1,35	1,3507	-17,33	-12,00	-13,33	-12,00	-13,67		
	4**	-2,065	-2,063	-2,062	-2,0633	-2,065	-2,065	-2,064	-2,0647	-2,065	-2,065	-2,067	-2,0657	-2,069	-2,068	-2,069	-2,0687	1,33	-41,33	-42,67	0,00	-20,67		
5	5	-4,128	-4,134	-4,133	-4,1317	-4,137	-4,139	-4,138	-4,1380	-4,128	-4,124	-4,132	-4,1280	-4,122	-4,125	-4,131	-4,1260	-14,67	-46,67	6,67	37,33	-4,33	-5,44	-177,222
	5*	1,226	1,227	1,228	1,2270	1,219	1,219	1,222	1,2200	1,226	1,225	1,223	1,2247	1,223	1,221	1,221	1,2217	-8,00	-8,00	-5,33	-4,00	-6,33		
	5**	1,947	1,946	1,946	1,9463	1,949	1,948	1,951	1,9493	1,949	1,948	1,949	1,9487	1,953	1,953	1,952	1,9527	-1,33	-9,33	-2,67	-9,33	-5,67		
6	6	0,871	0,871	0,873	0,8717	0,867	0,869	0,867	0,8677	0,871	0,871	0,87	0,8707	0,869	0,872	0,868	0,8697	-9,33	-12,00	-16,00	-9,33	-11,67	-2,22	-165,889
	6*	0,939	0,937	0,935	0,9370	0,935	0,93	0,934	0,9330	0,934	0,935	0,933	0,9340	0,932	0,932	0,925	0,9297	1,33	9,33	4,00	-13,33	0,33		
	6**	-0,929	-0,93	-0,929	-0,9293	-0,928	-0,928	-0,928	-0,9280	-0,933	-0,933	-0,933	-0,9330	-0,927	-0,928	-0,929	-0,9280	5,33	5,33	1,33	6,67	4,67		
7	7	-1,924	-1,923	-1,923	-1,9233	-1,923	-1,925	-1,926	-1,9247	-1,925	-1,925	-1,926	-1,9253	-1,926	-1,925	-1,926	-1,9257	-10,67	-2,67	-9,33	-10,67	-8,33	-5,00	-165,222
	7*	2,381	2,382	2,382	2,3817	2,378	2,379	2,378	2,3783	2,378	2,374	2,377	2,3763	2,383	2,383	2,384	2,3833	0,00	2,67	-5,33	-6,67	-2,33		
	7**	0,238	0,237	0,238	0,2377	0,243	0,242	0,244	0,2430	0,241	0,238	0,237	0,2387	0,236	0,238	0,237	0,2370	1,33	0,00	-8,00	-10,67	-4,33		
8	8	-0,921	-0,921	-0,92	-0,9207	-0,919	-0,919	-0,919	-0,9190	-0,918	-0,919	-0,915	-0,9173	-0,915	-0,917	-0,917	-0,9163	-6,67	-8,00	-6,67	-16,00	-9,33	-8,33	-234,111
	8*	-1,407	-1,406	-1,407	-1,4067	-1,408	-1,408	-1,407	-1,4077	-1,403	-1,405	-1,405	-1,4043	-1,406	-1,404	-1,404	-1,4047	-9,33	-17,33	-6,67	-4,00	-9,33		
	8**	-1,254	-1,255	-1,254	-1,2543	-1,251	-1,249	-1,248	-1,2493	-1,244	-1,241	-1,241	-1,2420	-1,246	-1,249	-1,25	-1,2483	-1,33	-8,00	-8,00	-8,00	-6,33		

Mediciones Día 6. Cero de las Mediciones: -6.140mm																								
Muestras	Probetas	Lecturas Equipo (mm)																ΔL (mm/mm) x 10-6					ΔL (mm/mm) x10-6	ΔL (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
1	1	1,995	1,994	1,992	1,9937	1,995	1,996	1,994	1,9950	1,994	1,993	1,992	1,9930	1,998	1,999	1,999	1,9987	-10,67	-12,00	-1,33	2,67	-5,33	-6,44	-312,111
	1*	-0,141	-0,141	-0,141	-0,1410	-0,152	-0,152	-0,152	-0,1520	-0,15	-0,151	-0,15	-0,1500	-0,149	-0,148	-0,148	-0,1483	-6,67	13,33	-2,67	-10,67	-1,67		
	1**	-1,289	-1,292	-1,291	-1,2907	-1,292	-1,29	-1,289	-1,2910	-1,284	-1,287	-1,287	-1,2860	-1,287	-1,287	-1,283	-1,2857	-18,67	-48,00	10,67	6,67	-12,33		
2	2	1,256	1,259	1,258	1,2577	1,259	1,259	1,258	1,2587	1,259	1,259	1,258	1,2590	1,263	1,263	1,262	1,2627	2,67	10,67	-1,33	8,00	5,00	3,22	-120,000
	2*	-0,754	-0,753	-0,755	-0,7540	-0,749	-0,75	-0,749	-0,7493	-0,75	-0,751	-0,747	-0,7493	-0,756	-0,757	-0,758	-0,7570	1,33	6,67	8,00	-13,33	0,67		
	2**	0,669	0,668	0,667	0,6680	0,676	0,677	0,673	0,6753	0,676	0,675	0,675	0,6753	0,669	0,669	0,669	0,6690	10,67	13,33	1,33	-9,33	4,00		
3	3	2,258	2,258	2,257	2,2577	2,259	2,26	2,259	2,2593	2,257	2,263	2,261	2,2603	2,257	2,26	2,257	2,2580	-1,33	1,33	8,00	0,00	2,00	1,78	-151,889
	3*	-1,742	-1,74	-1,742	-1,7413	-1,737	-1,74	-1,739	-1,7387	-1,736	-1,737	-1,736	-1,7363	-1,741	-1,742	-1,739	-1,7407	5,33	2,67	2,67	1,33	3,00		
	3**	-4,732	-4,735	-4,737	-4,7347	-4,732	-4,731	-4,731	-4,7313	-4,759	-4,763	-4,765	-4,7623	-4,769	-4,778	-4,776	-4,7743	-2,67	-6,67	9,33	1,33	0,33		
4	4	0,779	0,776	0,778	0,7777	0,783	0,783	0,782	0,7827	0,783	0,784	0,785	0,7840	0,78	0,778	0,778	0,7787	-8,00	-4,00	-9,33	-6,67	-7,00	-0,11	-244,000
	4*	1,352	1,354	1,348	1,3513	1,355	1,353	1,355	1,3543	1,363	1,363	1,364	1,3633	1,35	1,353	1,352	1,3517	-5,33	-2,67	8,00	4,00	1,00		
	4**	-2,063	-2,065	-2,065	-2,0643	-2,067	-2,067	-2,064	-2,0660	-2,055	-2,061	-2,063	-2,0597	-2,065	-2,068	-2,067	-2,0667	-4,00	-5,33	24,00	8,00	5,67		
5	5	-4,132	-4,125	-4,132	-4,1297	-4,137	-4,136	-4,135	-4,1360	-4,13	-4,129	-4,131	-4,1300	-4,135	-4,133	-4,135	-4,1343	8,00	8,00	-8,00	-33,33	-6,33	-2,78	-180,000
	5*	1,226	1,227	1,225	1,2260	1,221	1,221	1,223	1,2217	1,224	1,225	1,225	1,2247	1,218	1,219	1,219	1,2187	-4,00	6,67	0,00	-12,00	-2,33		
	5**	1,946	1,945	1,945	1,9453	1,949	1,949	1,95	1,9493	1,949	1,95	1,951	1,9500	1,953	1,953	1,952	1,9527	-4,00	0,00	5,33	0,00	0,33		
6	6	0,873	0,873	0,873	0,8730	0,868	0,867	0,868	0,8677	0,874	0,873	0,872	0,8730	0,871	0,873	0,87	0,8713	5,33	0,00	9,33	6,67	5,33	-1,11	-167,000
	6*	0,931	0,933	0,931	0,9317	0,933	0,93	0,926	0,9297	0,929	0,933	0,93	0,9307	0,928	0,928	0,926	0,9273	-21,33	-13,33	-13,33	-9,33	-14,33		
	6**	-0,929	-0,928	-0,927	-0,9280	-0,927	-0,928	-0,926	-0,9270	-0,932	-0,932	-0,93	-0,9313	-0,927	-0,927	-0,925	-0,9263	5,33	4,00	6,67	6,67	5,67		
7	7	-1,918	-1,923	-1,923	-1,9213	-1,923	-1,925	-1,926	-1,9247	-1,925	-1,925	-1,926	-1,9253	-1,926	-1,925	-1,926	-1,9257	8,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,56	-164,667
	7*	2,382	2,382	2,382	2,3820	2,38	2,38	2,381	2,3803	2,379	2,376	2,376	2,3770	2,384	2,384	2,384	2,3840	1,33	8,00	2,67	2,67	3,67		
	7**	0,237	0,237	0,234	0,2360	0,242	0,242	0,241	0,2417	0,239	0,239	0,236	0,2380	0,236	0,238	0,236	0,2367	-6,67	-5,33	-2,67	-1,33	-4,00		
8	8	-0,921	-0,921	-0,92	-0,9207	-0,919	-0,919	-0,919	-0,9190	-0,918	-0,919	-0,915	-0,9173	-0,915	-0,917	-0,917	-0,9163	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,22	-235,333
	8*	-1,407	-1,409	-1,407	-1,4077	-1,405	-1,405	-1,407	-1,4057	-1,407	-1,406	-1,407	-1,4067	-1,405	-1,408	-1,405	-1,4060	-4,00	8,00	-9,33	-5,33	-2,67		
	8**	-1,255	-1,255	-1,255	-1,2550	-1,25	-1,249	-1,25	-1,2497	-1,244	-1,244	-1,243	-1,2437	-1,247	-1,246	-1,247	-1,2467	-2,67	-1,33	-6,67	6,67	-1,00		

## Ciclo sombra (2014)

Muestras	Probetas	Lecturas Equipo (mm)																$\Delta L$ (mm/mm) x 10-6					$\Delta L$ (mm/mm) x10-6	$\Delta L$ (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
Patrón	1	0,248	0,248	0,248	0,2480	0,246	0,248	0,245	0,2463	0,245	0,245	0,244	0,2447	0,244	0,245	0,242	0,2437	-37,33	-38,67	-54,67	-42,67	-43,33	-30,56	-511,444
	2	0,174	0,171	0,173	0,1727	0,171	0,17	0,169	0,1700	0,178	0,177	0,178	0,1777	0,177	0,177	0,176	0,1767	-34,67	-64,00	-26,67	-40,00	-41,33		
	3	-0,619	-0,618	-0,614	-0,6170	-0,623	-0,626	-0,625	-0,6247	-0,612	-0,613	-0,612	-0,6123	-0,611	-0,612	-0,612	-0,6117	4,00	-17,33	-5,33	-9,33	-7,00		
CPP+Z	1	-0,227	-0,228	-0,227	-0,2273	-0,22	-0,222	-0,223	-0,2217	-0,22	-0,221	-0,218	-0,2197	-0,228	-0,229	-0,229	-0,2287	-4,00	10,67	17,33	-4,00	5,00	-20,56	-628,333
	2	0,675	0,674	0,673	0,6740	0,683	0,683	0,682	0,6827	0,685	0,68	0,68	0,6817	0,674	0,675	0,673	0,6740	-36,00	-25,33	-28,00	-42,67	-33,00		
	3	-0,553	-0,553	-0,554	-0,5533	-0,554	-0,558	-0,557	-0,5563	-0,558	-0,562	-0,559	-0,5597	-0,555	-0,554	-0,555	-0,5547	-24,00	-38,67	-41,33	-30,67	-33,67		
CPHP	1	-0,475	-0,485	-0,485	-0,4817	-0,477	-0,479	-0,48	-0,4787	-0,485	-0,485	-0,488	-0,4860	-0,493	-0,48	-0,486	-0,4863	-170,67	-132,00	-130,67	-145,33	-144,67	-69,33	-689,222
	2	-2,202	-2,201	-2,201	-2,2013	-2,204	-2,207	-2,204	-2,2050	-2,203	-2,204	-2,2	-2,2023	-2,21	-2,21	-2,211	-2,2103	-42,67	-49,33	-45,33	-50,67	-47,00		
	3	2,15	2,149	2,149	2,1493	2,144	2,143	2,145	2,1440	2,154	2,155	2,152	2,1537	2,148	2,15	2,146	2,1480	-18,67	-14,67	-16,00	-16,00	-16,33		

Mediciones Día 1 Sombra. Cero de las Mediciones: -6,140mm																								
Muestras	Probetas	Lecturas Equipo (mm)																$\Delta L$ (mm/mm) x 10-6					$\Delta L$ (mm/mm) x10-6	$\Delta L$ (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
Patrón	1	0,229	0,228	0,229	0,2287	0,232	0,23	0,227	0,2297	0,23	0,23	0,228	0,2293	0,227	0,226	0,226	0,2263	-77,33	-66,67	-61,33	-69,33	-68,67	-76,56	-588,000
	2	0,158	0,157	0,156	0,1570	0,153	0,153	0,155	0,1537	0,161	0,16	0,1	0,1403	0,162	0,162	0,161	0,1617	-62,67	-65,33	-149,33	-60,00	-84,33		
	3	-0,638	-0,63	-0,638	-0,6353	-0,643	-0,641	-0,645	-0,6430	-0,632	-0,632	-0,631	-0,6317	-0,633	-0,631	-0,633	-0,6323	-73,33	-73,33	-77,33	-82,67	-76,67		
CPP+Z	1	-0,254	-0,252	-0,247	-0,2510	-0,245	-0,244	-0,246	-0,2450	-0,247	-0,246	-0,242	-0,2450	-0,253	-0,255	-0,254	-0,2540	-94,67	-93,33	-101,33	-101,33	-97,67	-87,78	-716,111
	2	0,658	0,659	0,657	0,6580	0,665	0,664	0,663	0,6640	0,662	0,662	0,662	0,6620	0,656	0,656	0,654	0,6553	-64,00	-74,67	-78,67	-74,67	-73,00		
	3	-0,579	-0,58	-0,58	-0,5797	-0,574	-0,578	-0,575	-0,5757	-0,584	-0,582	-0,584	-0,5833	-0,577	-0,578	-0,579	-0,5780	-105,33	-77,33	-94,67	-93,33	-92,67		
CPHP	1	-0,53	-0,529	-0,531	-0,5300	-0,522	-0,525	-0,524	-0,5237	-0,526	-0,527	-0,528	-0,5270	-0,527	-0,528	-0,526	-0,5270	-193,33	-180,00	-164,00	-162,67	-175,00	-137,89	-827,111
	2	-2,222	-2,225	-2,223	-2,2233	-2,227	-2,228	-2,228	-2,2277	-2,226	-2,226	-2,227	-2,2263	-2,233	-2,233	-2,231	-2,2323	-88,00	-90,67	-96,00	-88,00	-90,67		
	3	2,113	2,112	2,112	2,1123	2,109	2,109	2,108	2,1087	2,118	2,117	2,116	2,1170	2,109	2,107	2,111	2,1090	-148,00	-141,33	-146,67	-156,00	-148,00		

Muestras	Probetas	Mediciones Día 2. Cero de las Mediciones: -6,140mm																ΔL (mm/mm) x 10-6					ΔL (mm/mm) x10-6	ΔL (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
Patrón	1	0,236	0,237	0,237	0,2367	0,23	0,231	0,228	0,2297	0,233	0,231	0,231	0,2317	0,231	0,23	0,23	0,2303	32,00	0,00	9,33	16,00	14,33	13,78	-574,222
	2	0,158	0,155	0,158	0,1570	0,154	0,153	0,154	0,1537	0,164	0,163	0,16	0,1623	0,162	0,163	0,163	0,1627	0,00	0,00	88,00	4,00	23,00		
	3	-0,637	-0,629	-0,637	-0,6343	-0,64	-0,642	-0,644	-0,6420	-0,63	-0,632	-0,63	-0,6307	-0,633	-0,63	-0,631	-0,6313	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00		
CPP+Z	1	-0,255	-0,251	-0,252	-0,2527	-0,235	-0,235	-0,239	-0,2363	-0,238	-0,246	-0,245	-0,2430	-0,255	-0,251	-0,247	-0,2510	-6,67	34,67	8,00	12,00	12,00	1,56	-714,556
	2	0,655	0,658	0,655	0,6560	0,663	0,665	0,664	0,6640	0,663	0,658	0,662	0,6610	0,653	0,653	0,656	0,6540	-8,00	0,00	-4,00	-5,33	-4,33		
	3	-0,581	-0,58	-0,581	-0,5807	-0,577	-0,579	-0,581	-0,5790	-0,584	-0,582	-0,582	-0,5827	-0,578	-0,577	-0,577	-0,5773	-4,00	-13,33	2,67	2,67	-3,00		
CPHP	1	-0,528	-0,528	-0,528	-0,5280	-0,519	-0,523	-0,521	-0,5210	-0,523	-0,524	-0,524	-0,5237	-0,52	-0,525	-0,525	-0,5233	8,00	10,67	13,33	14,67	11,67	17,00	-810,111
	2	-2,218	-2,226	-2,227	-2,2237	-2,231	-2,228	-2,231	-2,2300	-2,227	-2,228	-2,228	-2,2277	-2,227	-2,229	-2,231	-2,2290	-1,33	-9,33	-5,33	13,33	-0,67		
	3	2,123	2,127	2,127	2,1257	2,113	2,117	2,118	2,1160	2,123	2,125	2,126	2,1247	2,123	2,119	2,12	2,1207	53,33	29,33	30,67	46,67	40,00		

Muestras	Probetas	Lecturas Equipo (mm)																ΔL (mm/mm) x 10-6					ΔL (mm/mm) x10-6	ΔL (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
Patrón	1	0,222	0,222	0,222	0,2220	0,228	0,225	0,227	0,2267	0,228	0,228	0,227	0,2277	0,225	0,225	0,225	0,2250	-58,67	-12,00	-16,00	-21,33	-27,00	-6,18	-580,400
	2	0,155	0,158	0,161	0,1580	0,161	0,158	0,154	0,1577	0,158	0,159	0,156	0,1577	0,155	0,156	0,1554	0,1555	4,00	16,00	-18,67	-28,80	-6,87		
	3	-0,631	-0,635	-0,628	-0,6313	-0,626	-0,626	-0,628	-0,6267	-0,632	-0,623	-0,629	-0,6280	-0,637	-0,637	-0,637	-0,6370	12,00	61,33	10,67	-22,67	15,33		
CPP+Z	1	-0,262	-0,261	-0,26	-0,2610	-0,265	-0,266	-0,266	-0,2657	-0,265	-0,267	-0,266	-0,2660	-0,264	-0,266	-0,266	-0,2653	-33,33	-117,33	-92,00	-57,33	-75,00	-25,00	-739,556
	2	0,654	0,654	0,655	0,6543	0,658	0,657	0,657	0,6573	0,659	0,655	0,653	0,6557	0,66	0,655	0,655	0,6567	-6,67	-26,67	-21,33	10,67	-11,00		
	3	-0,578	-0,579	-0,581	-0,5793	-0,577	-0,58	-0,577	-0,5780	-0,579	-0,58	-0,58	-0,5797	-0,573	-0,572	-0,57	-0,5717	5,33	4,00	12,00	22,67	11,00		
CPHP	1	-0,52	-0,524	-0,526	-0,5233	-0,525	-0,524	-0,527	-0,5253	-0,526	-0,525	-0,528	-0,5263	-0,521	-0,524	-0,526	-0,5237	18,67	-17,33	-10,67	-1,33	-2,67	-1,44	-811,556
	2	-2,228	-2,227	-2,228	-2,2277	-2,227	-2,231	-2,231	-2,2297	-2,22	-2,229	-2,221	-2,2233	-2,219	-2,219	-2,224	-2,2207	-16,00	1,33	17,33	33,33	9,00		
	3	2,118	2,119	2,119	2,1187	2,115	2,115	2,114	2,1147	2,121	2,124	2,123	2,1227	2,121	2,118	2,122	2,1203	-28,00	-5,33	-8,00	-1,33	-10,67		

Mediciones Día 4. Cero de las Mediciones: -6,140mm																								
Muestras	Probetas	Lecturas Equipo (mm)																ΔL (mm/mm) x 10-6					ΔL (mm/mm) x10-6	ΔL (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
Patrón	1	0,223	0,223	0,221	0,223	0,218	0,217	0,217	0,2173	0,223	0,223	0,224	0,2233	0,216	0,218	0,217	0,2170	1,33	-37,33	-17,33	-32,00	-21,33	-30,04	-610,444
	2	0,153	0,151	0,149	0,1510	0,147	0,148	0,151	0,1487	0,158	0,162	0,154	0,1580	0,157	0,158	0,16	0,1583	-28,00	-36,00	1,33	11,47	-12,80		
	3	-0,643	-0,646	-0,645	-0,6447	-0,65	-0,652	-0,65	-0,6507	-0,641	-0,638	-0,641	-0,6400	-0,644	-0,643	-0,644	-0,6437	-53,33	-96,00	-48,00	-26,67	-56,00		
CPP+Z	1	-0,262	-0,261	-0,26	-0,2610	-0,258	-0,259	-0,26	-0,2590	-0,254	-0,255	-0,256	-0,2550	-0,259	-0,263	-0,264	-0,2620	0,00	26,67	44,00	13,33	21,00	-18,00	-757,556
	2	0,645	0,64	0,641	0,6420	0,65	0,647	0,648	0,6483	0,65	0,649	0,649	0,6493	0,642	0,641	0,642	0,6417	-49,33	-36,00	-25,33	-60,00	-42,67		
	3	-0,58	-0,579	-0,58	-0,5797	-0,582	-0,587	-0,587	-0,5853	-0,588	-0,589	-0,591	-0,5893	-0,587	-0,588	-0,585	-0,5867	-1,33	-29,33	-38,67	-60,00	-32,33		
CPHP	1	-0,527	-0,532	-0,526	-0,5283	-0,522	-0,523	-0,525	-0,5233	-0,523	-0,52	-0,518	-0,5203	-0,529	-0,529	-0,528	-0,5293	-20,00	8,00	24,00	-22,67	-2,67	-14,89	-826,444
	2	-2,239	-2,238	-2,24	-2,2390	-2,235	-2,24	-2,237	-2,2373	-2,237	-2,235	-2,238	-2,2367	-2,236	-2,234	-2,234	-2,2347	-45,33	-30,67	-53,33	-56,00	-46,33		
	3	2,122	2,123	2,122	2,1223	2,117	2,119	2,118	2,1180	2,123	2,121	2,12	2,1213	2,119	2,116	2,122	2,1190	14,67	13,33	-5,33	-5,33	4,33		

Mediciones Día 5. Cero de las Mediciones: -6,140mm																								
Muestras	Probetas	Lecturas Equipo (mm)																ΔL (mm/mm) x 10-6					ΔL (mm/mm) x10-6	ΔL (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
Patrón	1	0,214	0,211	0,211	0,2120	0,218	0,218	0,216	0,2173	0,218	0,219	0,218	0,2183	0,22	0,217	0,218	0,2183	-41,33	0,00	-20,00	5,33	-14,00	-5,67	-616,111
	2	0,154	0,144	0,146	0,1480	0,154	0,145	0,144	0,1477	0,146	0,146	0,145	0,1457	0,156	0,144	0,155	0,1517	-12,00	-4,00	-49,33	-26,67	-23,00		
	3	-0,644	-0,647	-0,647	-0,6460	-0,636	-0,636	-0,642	-0,6380	-0,63	-0,638	-0,639	-0,6357	-0,638	-0,643	-0,637	-0,6393	-5,33	50,67	17,33	17,33	20,00		
CPP+Z	1	-0,269	-0,268	-0,269	-0,2687	-0,278	-0,275	-0,276	-0,2763	-0,274	-0,275	-0,274	-0,2743	-0,274	-0,274	-0,274	-0,2740	-30,67	-69,33	-77,33	-48,00	-56,33	-13,67	-753,222
	2	0,645	0,647	0,646	0,6460	0,659	0,648	0,648	0,6517	0,648	0,648	0,647	0,6477	0,655	0,66	0,656	0,6570	16,00	13,33	-6,67	61,33	21,00		
	3	-0,589	-0,592	-0,589	-0,5900	-0,587	-0,587	-0,588	-0,5873	-0,586	-0,589	-0,589	-0,5880	-0,58	-0,582	-0,582	-0,5813	-41,33	-8,00	5,33	21,33	-5,67		
CPHP	1	-0,531	-0,532	-0,53	-0,5310	-0,53	-0,53	-0,531	-0,5303	-0,539	-0,536	-0,536	-0,5370	-0,526	-0,533	-0,53	-0,5297	-10,67	-28,00	-66,67	-1,33	-26,67	-15,22	-841,667
	2	-2,236	-2,235	-2,236	-2,2357	-2,239	-2,238	-2,238	-2,2390	-2,236	-2,234	-2,237	-2,2357	-2,233	-2,23	-2,234	-2,2323	13,33	-6,67	4,00	9,33	5,00		
	3	2,112	2,119	2,113	2,1147	2,109	2,108	2,111	2,1093	2,118	2,118	2,119	2,1183	2,11	2,12	2,113	2,1143	-30,67	-34,67	-12,00	-18,67	-24,00		

Mediciones Día 6. Cero de las Mediciones: -6,140mm																								
Muestras	Probetas	Lecturas Equipo (mm)																ΔL (mm/mm) x 10-6					ΔL (mm/mm) x10-6	ΔL (x10-6) Acumulativo
		Cara A				Cara B				Cara C				Cara D				Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Promedio		
		1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio							
Patrón	1	0,208	0,208	0,208	0,2080	0,217	0,216	0,217	0,2167	0,217	0,217	0,216	0,2167	0,214	0,214	0,214	0,2140	-16,00	-2,67	-6,67	-17,33	-10,67	-1,67	-617,778
	2	0,153	0,152	0,145	0,1500	0,151	0,147	0,146	0,1480	0,147	0,149	0,15	0,1487	0,146	0,146	0,147	0,1463	8,00	1,33	12,00	-21,33	0,00		
	3	-0,64	-0,64	-0,641	-0,6403	-0,634	-0,633	-0,637	-0,6347	-0,63	-0,636	-0,632	-0,6327	-0,643	-0,647	-0,647	-0,6457	22,67	13,33	12,00	-25,33	5,67		
CPP+Z	1	-0,272	-0,271	-0,271	-0,2713	-0,278	-0,278	-0,278	-0,2780	-0,276	-0,276	-0,277	-0,2763	-0,275	-0,276	-0,277	-0,2760	-10,67	-6,67	-8,00	-8,00	-8,33	-6,56	-759,778
	2	0,645	0,648	0,647	0,6467	0,648	0,648	0,647	0,6477	0,646	0,647	0,647	0,6467	0,654	0,645	0,644	0,6477	2,67	-16,00	-4,00	-37,33	-13,67		
	3	-0,59	-0,588	-0,589	-0,5890	-0,584	-0,588	-0,588	-0,5867	-0,587	-0,586	-0,587	-0,5867	-0,581	-0,582	-0,583	-0,5820	4,00	2,67	5,33	-2,67	2,33		
CPHP	1	-0,534	-0,53	-0,532	-0,5320	-0,528	-0,531	-0,53	-0,5297	-0,537	-0,538	-0,535	-0,5367	-0,525	-0,532	-0,539	-0,5320	-4,00	2,67	1,33	-9,33	-2,33	2,22	-839,444
	2	-2,237	-2,237	-2,237	-2,2370	-2,232	-2,239	-2,238	-2,2363	-2,226	-2,237	-2,23	-2,2310	-2,233	-2,237	-2,23	-2,2333	-5,33	10,67	18,67	-4,00	5,00		
	3	2,115	2,116	2,115	2,1153	2,112	2,112	2,112	2,1120	2,118	2,118	2,118	2,1180	2,116	2,115	2,115	2,1153	2,67	10,67	-1,33	4,00	4,00		

