



## Tópico 4 – Nº 21

# REQUISITOS DE SEGURIDAD ORNAMENTAL EN LA CONSERVACIÓN DE EDIFICIOS ALTOS DEL MOVIMIENTO MODERNO CUBANO

E. BALUJA (1), R. GAYOSO (1), R. BARRUETOS (2), L. GARCIA (1)

(1) *Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción. CTDMC, Cuba*

(2) *Centro de Ingeniería y Tecnología de la Construcción, CITEC*  
[director@ctdmc.co.cu](mailto:director@ctdmc.co.cu); [gayoso@ctdmc.co.cu](mailto:gayoso@ctdmc.co.cu)

## RESUMEN

En el diseño estructural de edificaciones y obras de ingeniería civil se han alcanzado notables progresos en los procedimientos de cálculos, códigos y normas para garantizar la seguridad estructural y las predicciones de vida útil en más de 100 años. Similares pronósticos de durabilidad no han sido aplicados en la seguridad ornamental de las terminaciones arquitectónicas. En esta ponencia se presentan los resultados de investigaciones sobre el deterioro ornamental de enchapes en dos edificaciones del movimiento moderno cubano, construidas hace ya más de 50 años: el Hotel Habana Riviera junto al litoral habanero y el Edificio del Retiro Médico en el núcleo urbano de la Rampa.

En la ejecución de los estudios se emplearon métodos avanzados de la termografía de infrarrojos, para la determinación de las causas de deterioro del enchape cerámico originadas por las tensiones de dilatación térmica en las estructuras; la caracterización físico-mecánica de morteros ornamentales mediante los ciclos de saturación y secado, método RILEM 25 PEM, para determinar la influencia de las tensiones de cristalización de sales en el deterioro de recubrimientos de morteros y hormigones no reforzados, expuestos al ambiente marítimo. Se recomiendan requisitos que se deben aplicar en los proyectos de restauración con el fin de lograr la seguridad ornamental, prolongación de la vida útil, reducción de costos, y lograr la conservación de las edificaciones sometidas al estudio.

Palabras-Clave: *edificios altos; conservación; enchapes cerámicos; clima tropical; métodos de ensayo.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La conservación de la cultura es una de las manifestaciones de mayor evidencia en la creación humana. Numerosos ejemplos confirman los esfuerzos del hombre por lograr, en la antigüedad, la longevidad en las construcciones de templos, pirámides, coliseos, hoy admiradas en nuestro planeta. En el presente siglo Arquitectos, Ingenieros, Científicos y otras Especialidades, relacionadas con las tecnologías y los materiales de la construcción, reconocen que los estudios obtenidos mediante monitoreo del comportamiento de materiales y componentes de la edificación, durante su explotación, son conocimientos esenciales para la efectiva selección de materiales y procedimientos constructivos que garanticen los mantenimientos preventivos y la prolongación del tiempo de vida útil de las edificaciones.

Hace ya más de medio siglo, que diversos edificios construidos frente al litoral habanero, fueron enchapados en sus fachadas exteriores con productos cerámicos de pequeño formato 20x20 mm las llamadas pastillas o teselas de vidrio. En el comportamiento de estos enchapes se ha originado, el aumento de los gastos de mantenimiento y la reducción de los tiempo de conservación por lo que se hace necesario realizar, con urgencia, estudios y proyectos de investigación-desarrollo que permitan el análisis de las causas de los fallos y la introducción de procedimientos desarrollados por la ciencia y la técnica con el fin de auxiliar a arquitectos,



ingenieros y diseñadores en la rehabilitación de estos acabados, evaluar su idoneidad competitiva en comparación con otras soluciones de pinturas y recubrimientos, en el acabado arquitectónico muy especial en los edificios altos patrimoniales.

Para realizar los estudios que se presentan en esta ponencia han sido seleccionadas dos de las edificaciones más emblemáticas de la arquitectura moderna cubana: El Hotel Habana Riviera (ver Fig.1) y el Edificio del Retiro Médico (ver Fig. 2), construidas e inauguradas a fines de los años 50.



Figura 1. Hotel Habana Riviera (1957)



Figura 2. Edificio del Retiro Médico (1958)

## 2. CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS SELECCIONADAS

### 2.1 Hotel Habana Riviera (1957).

En esta obra se presentan graves procesos de deterioro en el enchape cerámico de la cúpula que ocupa un área de 1000 m<sup>2</sup> basado en el diseño cromático propuesto por el escultor Gustavo Gelabert, y en los paneles de bajo relieve de hormigón con recubrimiento de mortero que cubren paredes y muros en la primera planta sometida al ambiente marítimo. Los enchapes de cerámica colocada en la cúpula y en fachadas de las habitaciones fueron terminados originalmente en 1957.

En la ejecución del enchape de la cúpula se emplearon los procedimientos de colocación del enchape cerámico sobre la losa de hormigón reforzado aplicando las técnicas de construcción tradicional. Estos enchapes, han presentado continuos fallos de la adherencia entre el enchape y el mortero de asiento, y entre el mortero de nivelación y la losa de hormigón, causados en gran medida por falta de juntas de dilatación térmica y producto de posibles reacciones sílico alcalina entre el enchape y el mortero de asiento, las que no han sido consideradas en las diversas intervenciones realizadas en los plazos no mayor de 15 años.

Los fallos de adherencia del enchape originan agrietamientos con penetración del agua de mar conteniendo sales, las que han originado la corrosión del acero de refuerzo y filtraciones, con importantes afectaciones en la decoración interior del Cabaret existente bajo esta cubierta.



Figura 3. Cúpula Hotel Habana  
Riviera



Figura 4. Acciones de  
renovación del recubrimiento  
del acero



Figura 5. Fallos de  
adherencia del mortero y  
enchape de la cúpula

La primera intervención del enchape de la cúpula fue realizada a principio de los 70, aproximadamente 13 años después de su construcción, siendo necesario la renovación de parte del recubrimiento del acero y de las pastillas cerámicas colocadas sobre la superficie de hormigón. En estas primeras inversiones de mantenimiento se emplearon morteros epóxicos (resinas Araldite de la firma CIBA Geyge). Estos enchapes presentaron desprendimientos significativos, tomándose la decisión de ejecutar nuevas intervenciones en el año 85 y más recientemente a finales de los años 90.

En el comportamiento de los fallos que se han presentado de modo similar en estas intervenciones, se ha determinado la necesidad de realizar investigaciones sobre idoneidad y efectividad del costo-durabilidad de los enchapes cerámicos y las restauraciones para la adecuada conservación de esta edificación patrimonial del movimiento moderno.

## 2.2 Edificio del Retiro Médico (1958)

En esta obra también se presentan graves procesos de deterioro en el enchape cerámico vertical de pastillas de vidrios de formato 20x20 mm de los balcones de la edificación, aunque la causa del fallo no responde a problemas de dilatación térmica y requerimiento de juntas de dilatación observados en los enchapes del Hotel Habana Riviera, debido a su orientación noroeste y menor superficie de 5 m<sup>2</sup>.

En este caso se ha confirmado que la causa de estos fallos, son los procesos de formación a largo plazo de ettringita secundaria expansiva debido a la práctica de adicionar yeso a las mezclas de mortero con el fin de acelerar el proceso de endurecimiento y evitar los desprendimientos durante la colocación del enchape en planos verticales.



Figura 6. Procesos de deterioro del enchape cerámico de los balcones del Edificio del Retiro Médico

### 3. TRABAJOS EXPERIMENTALES, MÉTODOS DE ENSAYOS UTILIZADOS

#### 3.1 Mediciones termográficas a la Cúpula del Hotel Habana Riviera.

El Objetivo de las mediciones termográficas es el estudio preliminar del comportamiento térmico de la Cúpula del Hotel Habana Riviera, para inferir el grado de deterioro y estrés térmico del enchape cerámico, expuesto a las condiciones extremas de alta agresividad del litoral tropical marino habanero, en los meses de mayor irradiación solar. Se utilizó el método de Termografía Infrarroja, con la cámara infrarroja portátil "IR Flex Cam Ti55, del tipo microbolómetro de Vanadio (VOX) sin refrigeración y matriz de plano focal de 320x240, longitud de onda 8-14  $\mu$ ., sensibilidad térmica de  $\leq 0,05$  °C a 30° C., y resolución espacial (IFOV) de 1,3 Mrad. Con una cámara de luz visible acoplada de 1,3 millones de píxeles y sensibilidad de 1 lux.

La toma de las imágenes termográficas a la Cúpula del Hotel Riviera se realizó el 24/07/2013, en los horarios de la tarde-noche, de las 16:00 a las 20:30 horas, para lo cual se organizaron 4 ciclos de trabajo, desde alturas dominantes a distancias de 8-15 metros y desde el espacio aéreo (piso 20 del Hotel Riviera). Simultáneamente se registraron las mediciones de la temperatura y humedad del ambiente, con el registrador de datos Testo 175. Los ciclos de medición 1 y 4, para la toma de las imágenes termográficas aéreas de toda la cubierta de la cúpula se realizaron desde el balcón del piso 20 del Hotel Habana Riviera, y los ciclos 2 y 3 se ejecutaron en la cubierta del primer nivel a la distancia de 8 y 15 metros de la cúpula. El resultado de estas mediciones se puede apreciar en la siguiente Tabla:

Tabla 1. Valores extremos de la temperatura en diferentes partes de la Cúpula.

No. Ciclo	Hora de Medición	Temperaturas			
		Máxima °C.	Mínima °C.	Diferencia ( $\Delta T$ )°C.	Ambiente °C.
1	16:00- 17:00	56,3	35,0	21,3	29,1
2	17:30- 17:50	41,4	34,6	6,8	30,3
3	18:00- 18:30	38,6	29,6	9,0	28,0
4	19:30- 20:30	44,6	28,0	16,6	28,0



En las imágenes a color se puede apreciar la pérdida del enchape y en las imágenes termográficas las zonas de menor temperatura, asociadas a problemas de humedad, pérdida de enchape, grietas y deformaciones de la cúpula.

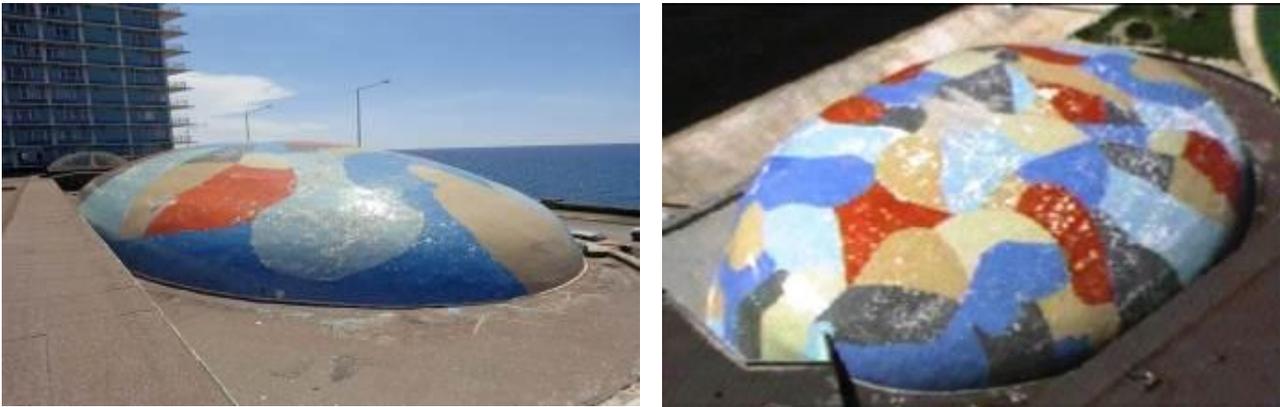


Figura 7. Foto e imagen a color contrastada de la cubierta de la Cúpula tomada desde el piso 20.

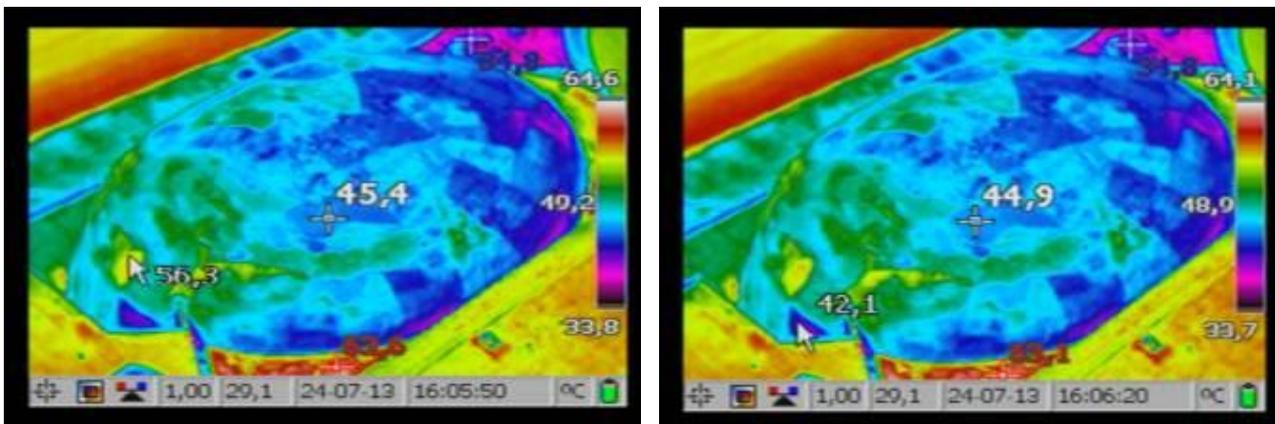


Figura 8. Imágenes termográficas contrastadas de la cubierta de la cúpula.

Las Imágenes termográficas contrastadas de la cubierta de la Cúpula, tomadas en el Ciclo 1 a las 16:05 horas, del 24/07/2013, desde el piso 20 del Hotel Riviera. Los menores valores de temperatura, están asociados a los colores magenta y azul oscuro - azul claro, que se concentran en la parte superior y lateral derecha de la imagen, note además como se señalan en la imagen con punteros blancos, (56,3 grados y 42,1 grados) zonas contiguas (de color amarillo y azul), con diferencias de temperatura del orden de 14,2 grados, lo que muestra la heterogeneidad y el estrés térmico de la superficie de la cúpula.

### 3.2 Caracterización Físico-Mecánica de Morteros de Paneles Ornamentales

En los años 50 en el diseño de Hormigones y Morteros los requisitos de durabilidad, porosidad, impermeabilidad, no habían alcanzado el nivel de exigencia actual, para las edificaciones expuestas al medio ambiente marítimo. Esto puede explicar los fallos de corrosión y alto deterioro que se presentan con frecuencia en nuestras edificaciones sometidas al medio ambiente agresivo del litoral habanero. Un ejemplo de interés se presenta en los resultados del deterioro de morteros evaluados en las investigaciones sobre el comportamiento de paneles ornamentales no-reforzado que cubren las fachadas exteriores de la planta baja del Hotel Habana Rivera.



**Figura 9. Paneles ornamentales de bajo relieves de hormigón con recubrimiento de mortero.**

Para las investigaciones sobre las causas de este deterioro se combinaron los procedimientos de ensayos para la caracterización físico-mecánica de morteros, con proporciones de cemento: arena similares a los utilizados en las capa ornamentales a bajo relieve que cubren las losas prefabricadas de hormigón con dimensiones de 900x600x50 mm, colocadas en la planta baja del Hotel, se aplicó el Método RILEM 25 PEM recomendado para evaluar los efectos de las tensiones de cristalización de sales en los morteros sometidos a ciclos de saturación y secado simulando las condiciones de exposición al medio ambiente marítimo. Los resultados de las dosificaciones y materiales empleados se pueden apreciar en las siguientes Tablas:

**Tabla 2. Caracterización del recubrimiento de morteros de Losas Ornamentales colocadas en 1957**

Ensayos	Unidad	Propiedades
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	2.29
Absorción	%	18.6
Tamaño Máximo Árido	mm	1.19
Composición Mineral	muestra	CO <sub>3</sub> Ca ( caliza)
Contenido de sales	Cl %	0.39

**Tabla 3. Proporción de mortero para investigaciones sobre durabilidad en ambiente marítimo.**

Series	Cemento gr	Arena gr	Relación	A/C	Zeolita (1)	Látex	Fluidez
<b>SA</b>	465	1305	1:3	0.7	--	--	100
	380	1520	1:4	0.80	--	--	80
<b>CA</b>	465	1305	1:3	0.6	30	--	100
	380	1520	1:4	0.6	25	--	80
<b>CAL</b>	465	1305	1:3	0.4	30	38	100
	380	1520	1:4	0.5	25	30	80

(1) Adiciones puzolánicas combinada con 0.75 % de superplastificante



## MÉTODO DE ENSAYO

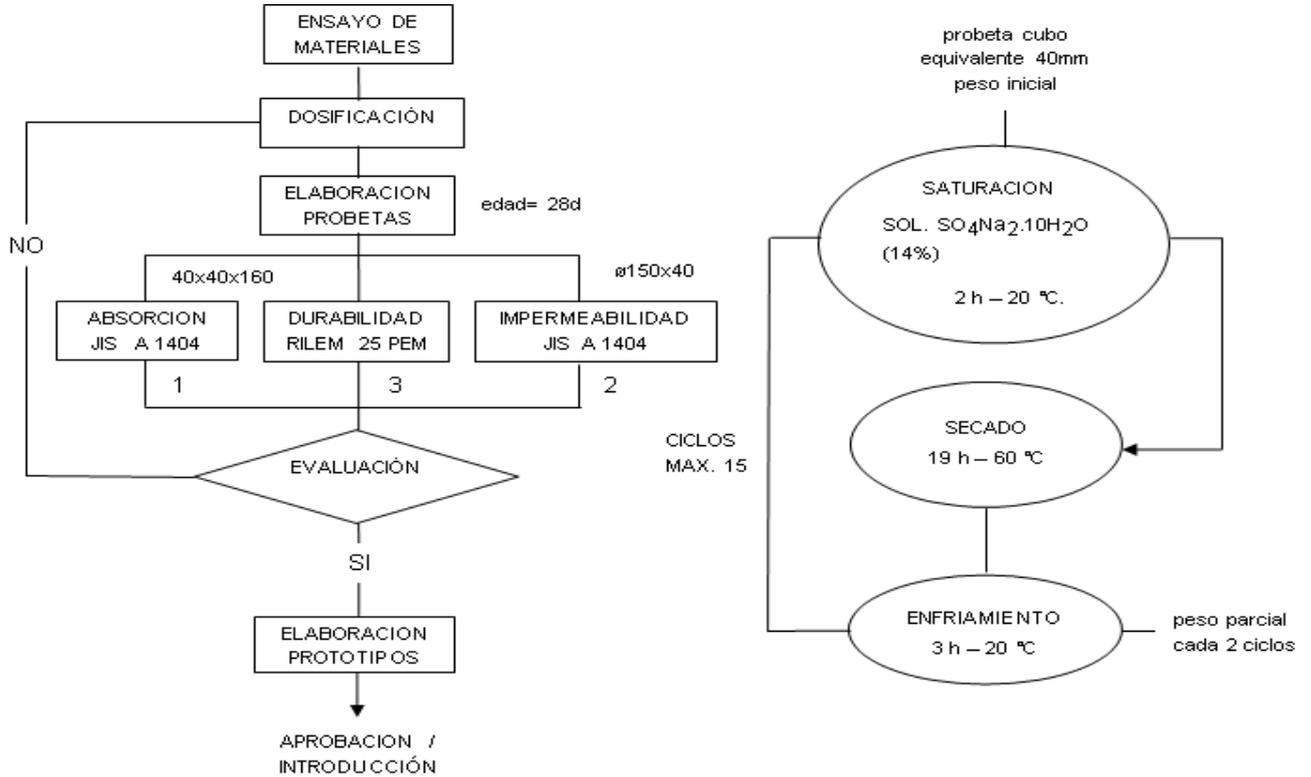


Gráfico 1. Procedimiento general de ensayos experimentales. Exigencias básicas para morteros ornamentales sometidos a cristalización de sales.

Gráfico 2. Ensayo de Durabilidad. Cristalización de Sales. RILEM 25 PEM

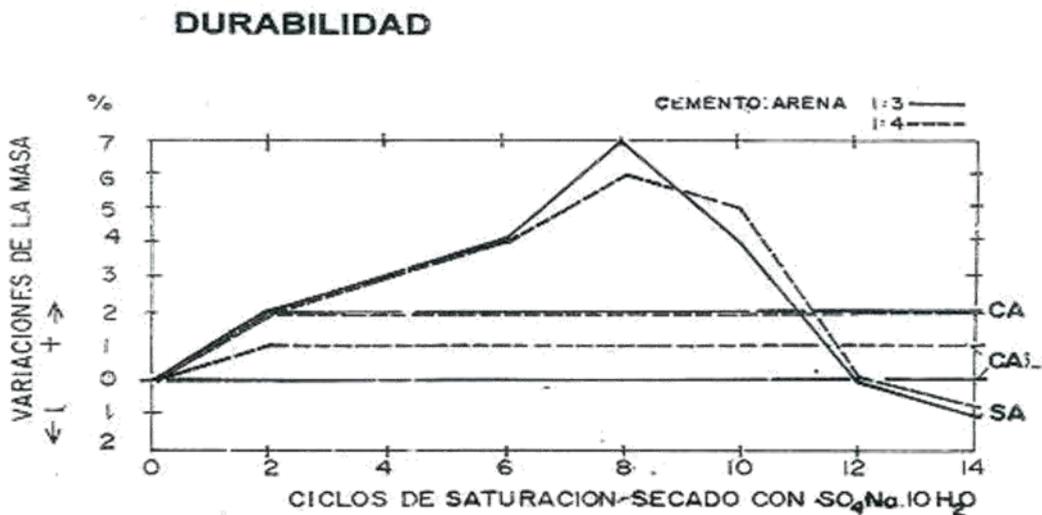


Gráfico 3. Resultados del comportamiento de los morteros sometidos a ciclos de saturación y secado. Método RILEM 25 PEM.



### 3.3 Enchape de Paneles Prefabricados Aligerados en Edificio del Retiro Médico.

Los trabajos experimentales y la solución técnica propuesta, se ejecutan considerando los antecedentes de la solución de restauración realizada en 1998, al Mural de 690 m<sup>2</sup> diseñado por la escultora Amelia Peláez en el Hotel Habana Libre, donde se empleó un novedoso sistema de restauración en el que se conformaron 970 paneles de hormigón prefabricado reforzado con dimensiones de 700x1000x50 mm fijados al muro de hormigón mediante el anclaje de 4 expansiones galvanizadas, lográndose una mayor distribución de las juntas de dilatación térmica y la eliminación de los riesgos de las fisuraciones imprevistas y fallos de adherencia que frecuentemente se presentan en las construcciones de enchapes tradicionales empleando convencionales morteros de asiento de las pastillas cerámicas. Aunque después de 15 años de exposición se aprecian en algunas juntas entre paneles fallos locales con desprendimiento de pastillas cerámicas, el comportamiento de este sistema de enchape ha sido en general satisfactorio.



**Figura 9. Solución de restauración mediante sistema de anclaje de paneles prefabricados de hormigón armado, Hotel Habana Libre.**

Para dar solución al enchape vertical de los balcones del Edificio del Retiro Médico, y como alternativa dirigida al perfeccionamiento del sistema de anclaje de paneles prefabricados enchapados y eliminar las causas de fallos de desprendimientos locales de pastillas, en el CTDMC se han desarrollado trabajos experimentales, obteniéndose **Enchapes de Paneles Prefabricados Aligerados**, con un 40 % de aligeramiento en el peso y la sustitución del acero de refuerzo por mallas de fibra de vidrio.

En la ejecución de este panel se han utilizado las siguientes dosificaciones:

**Tabla 4. Dosificaciones de los Paneles Prefabricados Aligerados.**

Materiales	Kg/m <sup>3</sup>
Cemento Portland	600
Zeolitas Naturales 0/1 mm	175
Zeolitas Naturales 1/3 mm	325
Agua	240
Superplastificante	7.9
Látex Acrílico	66
Poliestireno	600
A/C	0.4



**Tabla 5. Resistencia Mecánica Probetas 40x40x160 mm.**

Ensayos	Unidades	7 días	28 días
Resistencia a Compresión	MPa	6.4	11.0
Resistencia a Flexión	MPa	2.8	3.4
Resistencia a Tracción	MPa	--	1.4
Densidad	Kg/m <sup>3</sup>	1350	

#### 4. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Del procesamiento digital de las imágenes termográficas tomadas a diferentes horas en los ciclos tarde-noche, se pudo confirmar la variabilidad de los valores extremos de temperaturas máximas y mínimas de las diferentes partes de la cúpula, lo que denota el grado de heterogeneidad térmica de la cubierta. Se determinan los valores de temperatura máxima (T Máx.), temperatura mínima (T Mín.) diferencia de temperatura (TMáx – Tmín.), así como la temperatura ambiente (Ta) de la zona de estudio.

Los valores máximos de la diferencia de temperatura de toda la cubierta de la cúpula a partir de imágenes termográficas aéreas, tomadas desde el piso 20 del hotel, oscilan entre 16,6 y 21,3 grados, lo que señala las causas de la presencia de estrés térmico, la pérdida y deterioro del enchape y de la losa de hormigón en esta cubierta.

Aunque los resultados obtenidos con la aplicación de esta técnica confirman la idoneidad de su aplicación, se ha iniciado un proyecto de continuación con el fin de obtener correlaciones extensométricas (strain gauge) que posibiliten las modelaciones para el diseño de sistema de holguras y espaciamiento en las juntas de dilatación térmica que se presentan en los enchapes cerámicos de grandes superficies sometidas a las condiciones de climas tropicales con alta agresividad marítimo- insular.

Estos resultados determinan que no es posible continuar restaurando el enchape de esta cubierta como ha sido ejecutado, en las diferentes intervenciones, utilizando las técnicas tradicionales del asentamiento de las pastillas cerámicas empleando morteros, sin cumplir con los requisitos de espaciamiento de holgura de las juntas establecidos en el diseño de pavimentos enchapados para superficies superiores a los 50 m<sup>2</sup>. Es necesario efectuar la reparación e impermeabilización de la cúpula, y garantizar el control y evaluación de los materiales a utilizar en el enchape.

Tomando en consideración los resultados obtenidos con esta experiencia en los proyectos de restauración de la cúpula se deben también considerar el empleo de capas de morteros de polímero-modificado, con el fin de garantizar la impermeabilización de la losa de hormigón reforzado de la cúpula, renovando los recubrimientos de aceros de refuerzo que han sufrido el deterioro originado por la corrosión, antes de ejecutar las restauraciones del enchape de pastillas cerámicas.

En las investigaciones realizadas con el fin de restaurar las losas ornamentales de hormigón, sin refuerzo, del Hotel Habana Riviera se demostró, aplicando los ciclos de saturación y secado recomendado por el método de ensayos RILEM 25 PEM, que es posible evitar el deterioro originado por las tensiones de cristalización de sales en morteros y hormigones que cumplen los requisitos de diseño de baja porosidad e impermeabilidad empleando en su composición adiciones puzolánicas combinadas con polímeros. Los morteros que se emplean en la restauración de losas ornamentales y de hormigón reforzados deben cumplir con las características físico-mecánica recomendadas en la siguiente Tabla:



**Tabla 6. Propiedades Físico-Mecánica de Morteros que deben cumplir requisitos de durabilidad en ambiente marítimo probetas Ø 150x300 mm**

Ensayos	Unidad	Requisitos de Durabilidad CDMC
Resistencia a Flexión	MPa	8.0
Resistencia a Compresión	MPa	40.0
Absorción	%	< 10
Permeabilidad JIS	g	≤ 15
Adherencia	MPa	1.0

Para dar solución al enchape vertical de los balcones del Edificio del Retiro Médico, se propone la introducción del sistema de **Enchapes de Paneles Aligerados**, fijados a los antepechos mediante expansiones galvanizadas.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Las investigaciones, ensayos y pruebas realizadas confirman que mediante estudios de monitoreo, diagnóstico y durabilidad empleando métodos de ensayos avanzados, se pueden identificar causas de los fallos y los requisitos técnicos que se deben aplicar en los proyectos de restauración, con el fin de lograr la seguridad ornamental, prolongar la vida útil, reducir los costos de mantenimiento, y lograr la conservación de las edificaciones.

2. Los resultados obtenidos en la investigación, recomiendan la ejecución de los proyectos de restauración e inversiones en las edificaciones objetos de estudios, considerando la aplicación de los resultados de los ensayos realizados, las soluciones y requisitos técnicos propuestos, así como los procedimientos de control y evaluación de los materiales durante la ejecución de los proyectos.

3. Continuar los trabajos de investigaciones de correlación entre las mediciones termográficas y extensométricas, (strain gauge) con el fin de lograr las modelaciones para el diseño de sistemas de holguras y espaciamientos en las juntas de dilatación térmicas que se presentan en los enchapes cerámicos de grandes superficies, sometidas a las condiciones de climas tropicales con alta agresividad marítimo-insular.

## BIBLIOGRAFÍA

1. P. Tejera (2006) Evolución de los Edificios Altos. Análisis de las Décadas del Treinta al Cincuenta del Siglo XX en Cuba. Boletín do.co.mo.mo Cuba. No.6
2. I. Rigol (2011) El Hotel Habana Riviera Boletín do.co.mo.mo Cuba. No.7
3. P. Kumar Metha Palo J. Monteiro (1994)-Concreto. Estrutura, Propriedades e Materiais. Cap.5 Fissuração pela cristalização de Sais pág 132-133 Editorial PINI São Paulo.
4. R. Gayoso (2008) Securing Ornamental Desing in Modern Havana Heritage: Architectural High Rise Building. Pag 361-367, Proceeding of the 10<sup>th</sup> International DOCOMOMO Conference Rotterdam, Holland.
5. Rilem 25 PEM (1980) Durabilty Tests. Crisallisation Test by total immersion pag 233-239
6. Norma ISO 6781(1983) Thermal insulation Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes infrared method.