







POLITECNICO  
DI TORINO



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# ESTUDIO SOBRE LOS PROBLEMAS DE CONSERVACIÓN DE LA ESCALINATA MONUMENTAL HACIA EL RÍO PO DEL CASTILLO DEL VALENTINO DE TORINO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

PFG en modalidad de Intercambio Académico

Curso 2012-2013

Celia Cardona Cava







## **ÍNDICE. (Libro I)**

### **1. Introducción**

- 1.1. Justificación de estudio
- 1.2. Extensión del estudio
- 1.3. Objetivos
- 1.4. Metodología. Plan de actuación

### **2. Contexto actual**

- 2.1. Situación
- 2.2. Nomenclatura
- 2.3. Análisis del entorno
- 2.4. Parámetros urbanísticos y territoriales
- 2.5. Medianería y construcciones adyacentes
- 2.6. Vínculos subterráneos. Nivel freático y conducciones enterradas
- 2.6. Sismicidad
- 2.7. Clima de Torino
  - 2.7.1. *Heliofanía*
  - 2.7.2. *Pluviometría, precipitaciones y riadas*
  - 2.7.3. *Temperatura y humedad*
  - 2.7.4. *Contaminación ambiental y calidad del aire*

### **3. Contexto histórico**

- 3.1. Italia
- 3.2. Piamonte y Torino
- 3.3. El Castillo del Valentino
- 3.4. La escalinata
- 3.5. Hipótesis gráfica del estado original

### **4. Cronología de actuaciones e intervenciones**

### **5. Visitas e inspecciones**

- 5.1. Documentación fotográfica

### **6. Levantamiento gráfico**

- 6.1. Referencia a los levantamientos gráficos
- 6.2. Problemas con los levantamientos dados
- 6.3. Comprobaciones
- 6.4. Realización de un nuevo levantamiento gráfico

### **7. Descripción arquitectónica**

## 8. Descripción constructiva

- 8.1. Breve descripción constructiva del Castillo
- 8.2. Análisis constructivo de la escalinata

## 9. Materiales en la escalinata

- 9.1. Materiales pétreos
- 9.2. Obras de fábrica
- 9.3. Morteros y hormigones
- 9.4. Pinturas
- 9.5. Otros materiales
- 9.6. Caracterización de materiales con Espectrofotometría IR y Difractometría RX

## 10. Identificación de los problemas

- 10.1. Mapeo de patologías en la escalinata
  - 10.1.1. *Términos, definiciones y representación gráfica*
  - 10.1.2. *Mapeo de patologías de elementos pétreos*
  - 10.1.3. *Mapeo de patologías de las partes a revestimiento continuo*
- 10.2. Problemas de ejecución

## 11. Pruebas no destructivas

- 11.1. Análisis con equipo termográfico de alta definición
  - 11.1.1. *Introducción a la termografía*
  - 11.1.2. *Justificación del análisis*
  - 11.1.3. *Procedimiento de análisis*
    - 11.1.3.1. Trabajo de campo. Toma de termogramas
    - 11.1.3.2. Trabajo de laboratorio. Análisis termográfico
  - 11.1.4. *Resultados y conclusiones*
- 11.2. Knocking Test
  - 11.2.1. *Justificación*
  - 11.2.2. *Procedimiento*
  - 11.2.3. *Conclusiones*
- 11.3. Comprobación de las pendientes
  - 11.3.1. *Justificación*
  - 11.3.2. *Procedimiento*
  - 11.3.3. *Resultados y conclusiones*
- 11.4. Sondas de registro humedad y temperatura
  - 11.4.1. *Justificación*
  - 11.4.2. *Posicionamiento de sondas*
  - 11.4.3. *Datos obtenidos y conclusiones*



## 11.5. Seguimiento de grietas

*11.5.1. Justificación*

*11.5.2. Procedimiento*

*11.5.3. Conclusiones*

## 12. Pruebas destructivas

### 12.1. Determinación del contenido de humedad

*12.1.1. Justificación de la prueba*

*12.1.2. Procedimiento*

*12.1.3. Resultados y conclusiones*

## 13. Conclusiones finales sobre los problemas encontrados

## 14. Propuesta de intervención

14.1. Intervenciones en la cimentación

14.2. Intervenciones en la rampa de escalera exterior

## 15. Mantenimiento

## 16. Conclusiones sobre el estudio

## 17. Bibliografía, sitios web y normativa de referencia

## 18. Agradecimientos

**ANEXOS. (libro II)**

**Anexo 01.** Lámina de contexto.

**Anexo 02.** Lámina introductiva del Castillo.

**Anexo 03.** Hipótesis gráfica del estado original.

**Anexo 04.** Documentación fotográfica

- a. Fotografías Arquitectónicas
- b. Fotografías de Servicio

**Anexo 05.** Levantamiento gráfico

- a. Planos.
- b. Detalles constructivos del estado actual.

**Anexo 06.** Catalogación de elementos pétreos de la escalinata.

**Anexo 07.** Caracterización de muestras. Fichas.

- a. Muestra de Pintura - Espectrofotometría IR
- b. Muestras de Mortero - Difractometría RX

**Anexo 08.** Problemas

- a. Fichas de patología de elementos pétreos.
- b. Mapeo de la degradación de las zonas a revestimiento continuo.
- c. Fichas de patología en revestimientos continuos.

**Anexo 09.** Análisis termográfico

- a. Posiciones de toma de termogramas
- b. Estudio de las sombras
- c. Fichas resumen del análisis termográfico y conclusiones

**Anexo 10.** Knocking test. Puntos de realización y resultados

**Anexo 11.** Comprobación de las pendientes de los peldaños

**Anexo 12.** Propuesta de Intervención.

- a. Detalles constructivos de la propuesta
- b. Ficha resumen del estado de conservación de los pétreos







## 1. INTRODUCCIÓN



## 1. INTRODUCCIÓN

*El Castillo del Valentino es uno de los símbolos de la ciudad de Torino y es la expresión del poder del Ducado de Saboya en el siglo XVI. Su imponente estructura representa un ejemplo de edificio saboyardo y refleja estilísticamente los acontecimientos políticos de aquel periodo.*

*Así mismo, la doble escalinata monumental refleja la magnificencia de esta villa fluvial.*

*Es nuestra responsabilidad preservar y mantener la integridad de este patrimonio, que ha prevalecido hasta nuestros días, en la medida de lo posible. Cada pequeña intervención debe ser cuidada al detalle con la intención de respetar su estado original.*



*La escalinata que nos ocupa en este estudio, no es una excepción a esta pauta. Por lo tanto, antes de proceder con los trabajos de rehabilitación, será necesario llegar a un punto de elevado conocimiento del objeto de estudio y de los problemas que sufre para poder proponer las mejores soluciones de intervención.*

### 1.1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La escalinata situada en la fachada orientada hacia el río Po presenta graves patologías que, no obstante los intentos de rehabilitación llevados a cabo en los últimos años, continúan apareciendo, desfigurando su aspecto y pudiendo llegar a comprometer la estabilidad de la estructura. A pesar de las repetidas intervenciones a lo largo de los años, los mismos problemas vuelven a aparecer incluso en intervalos de tiempo reducidos.

Es normal que algunas formas de degradación tiendan a reaparecer con el transcurso del tiempo, pero otras patologías presentes en la escalinata podrían haber sido resueltas definitivamente en rehabilitaciones anteriores. Desafortunadamente esto no ha ocurrido. Basta pensar en el fenómeno de humedad capilar que afecta a los muros y que continúa creando problemas año tras año.

En el presente estudio se intentará hacer incapié en la identificación de aquellas patologías producidas por intervenciones que no han sido correctamente realizadas o en las ocasionadas por no haber llevado a cabo ciertas soluciones constructivas necesarias.

El estudio deberá producir resultados suficientes a nivel cualitativo y cuantitativo para ser capaces de determinar la hipótesis de rehabilitación más apropiada y eficaz que consiga frenar las patologías evitables.

## 1.2. EXTENSIÓN DEL ESTUDIO

El objeto principal del presente estudio es la doble escalinata monumental ubicada en la fachada hacia el río Po del Castillo del Valentino. Se comprenden además, los ambientes situados debajo de las rampas de dicha escalinata, la zona baja de la fachada del cuerpo áulico, la cual está acabada con un revoque, la fachada basamental de la escalinata y la fachada en ladrillo del cuerpo emergente central correspondiente al primer nivel desde la calle Virgilio (sótano).

Las otras estancias de la planta sótano del Castillo se tendrán en cuenta sólo cuando sea necesario tratar los accesos a las zonas bajo la escalera, ya sea para la planificación del mantenimiento o para el recorrido de evacuación por emergencias. Se excluirán también del estudio los elementos de carpintería, ya que se encuentran en un buen estado de conservación debido a su reciente sustitución.

No obstante las restricciones del estudio, se ha estimado que un elemento no puede ser considerado parte de un todo si no se engloba en su contexto. Por lo tanto, se intentará dar una impresión general del Castillo a través de la presentación de sus plantas, de la introducción histórica, de la descripción constructiva y arquitectónica y de otros aspectos que se irán tratando más adelante.

## 1.3. OBJETIVOS

El objetivo principal del estudio es llegar a conocer la escalinata monumental en el mayor número de aspectos posibles, para así poder comprender y determinar cuáles son sus problemáticas. Una vez identificadas éstas, se intentará dar las directrices necesarias para su correcta rehabilitación dentro de los límites normativos.

Estudiando el objeto de análisis en profundidad se pretende llegar a dar una solución creada especialmente para éste elemento, que ha visto pasar sobre él muchas intervenciones que no han resuelto sus graves problemas, sólo los han cubierto. El correcto diagnóstico se realizará gracias al seguimiento de un proceso lógico y al apoyo de las pruebas destructivas y no destructivas y de cualquier otra comprobación que se considere oportuno realizar.

Además, se darán las directrices básicas para un correcto mantenimiento tras la realización de la intervención. De éste modo se intentará evitar, o al menos reducir, el riesgo de que la misma situación de degradación se repita después de la realización de los trabajos de rehabilitación.

En mi opinión, un estudio de éste tipo puede enriquecer mi formación y me ha permitido conocer métodos y procedimientos de intervención y conservación en un país diferente al mío. Por lo tanto, ha resultado útil para aprender a trabajar de una manera diferente a la que estoy acostumbrada, en un contexto único como es el del Castillo del Valentino de Torino.



#### 1.4. METODOLOGÍA. PLAN DE ACTUACIÓN.

En primer lugar, se profundizará en el conocimiento de la escalinata y el Castillo del Valentino a través de la consulta de información de las fuentes disponibles. A continuación se citan las fuentes consultadas más importantes:

- Archivo de Estado de Torino
- Archivo Histórico de la ciudad de Torino
- Biblioteca Nacional
- Bibliotecas del Politecnico
- ARPA Piemonte
- Comune di Torino (Ayuntamiento)
- Regione Piemonte

Para la realización de algunos puntos del proyecto se han utilizado las herramientas informáticas que se citan a continuación:

- AutoCAD 2011; Herramienta informática creada por Autodesk empleada en la realización de planos y detalles constructivos y como apoyo para la realización de fichas.
- Photoshop CS6; de Adobe. En el presente proyecto se ha empleado para la edición de imágenes y montaje de algunas láminas.
- RDF; para la rectificación fotogramétrica de fotografías
- FLIR Image Builder; para la composición de fotografías térmicas
- FLIR ThermaCAM Researcher Professional; software de tratamiento de termogramas empleado para la realización del análisis termográfico.
- Microsoft Word e Excel; edición de texto, tablas y gráficos
- Programas para la obtención de la gráfica de difracción: xRD Commander, EVA, DRX Win 2.3. y CreaFit.

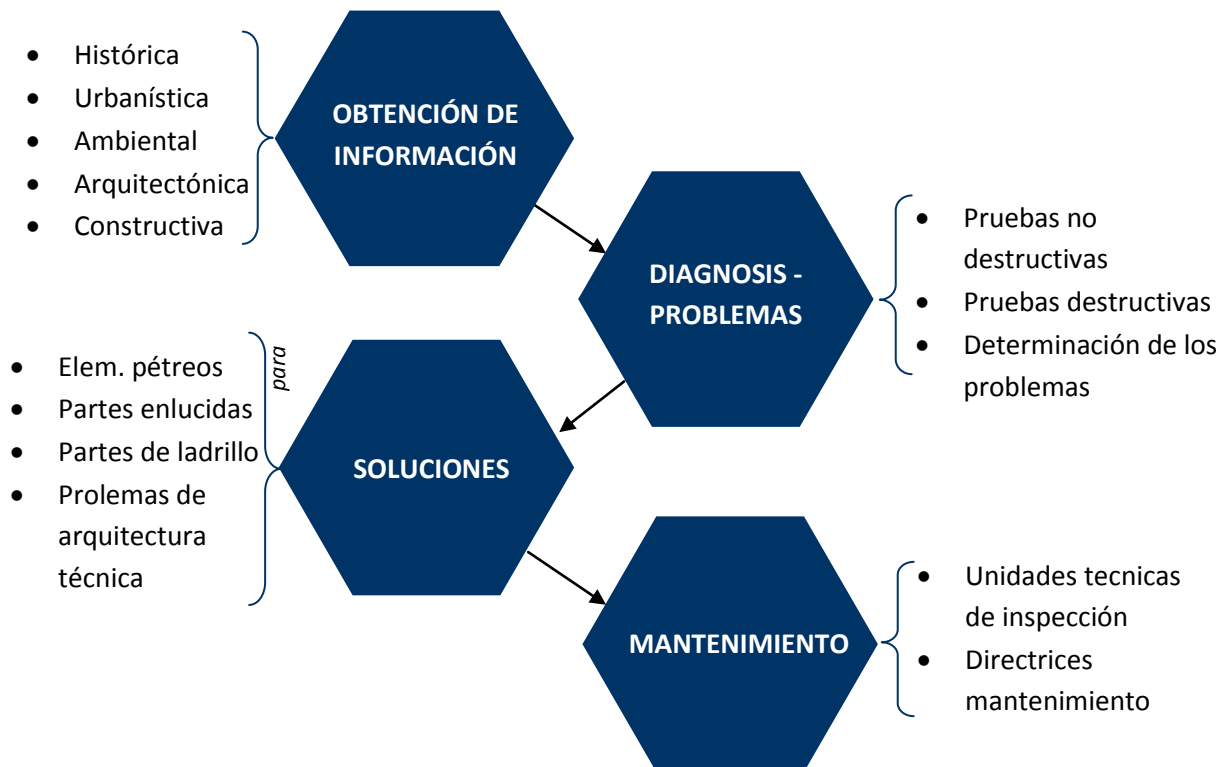
También se han utilizado los equipos y herramientas que se enumeran a continuación:

- Cinta métrica
- Medidor láser
- Peine de arqueólogo
- Lupa de aumento
- Regle de aluminio
- Nivel doméstico
- Cámara fotográfica reflex
- Cámara fotográfica compacta
- Data logger
- Escalpelo, cincel y martillo
- Termocámara
- Termobalanza electrónica

- Difractómetro RX
- Mortero, sifón, espátula

Estos programas y equipos serán descritos específicamente en los capítulos donde se describan procedimientos en los que hayan sido utilizados.

#### ESQUEMA METODOLÓGICO:



#### PLAN DE ACTUACIÓN EN RELACIÓN A LAS FASES DEL ESQUEMA METODOLÓGICO:

##### *OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN:*

- Visita de reconocimiento inicial de la escalinata y sótano del Castillo.
- Recogida de información sobre el objeto de estudio. Levantamientos gráficos existentes.
- Búsqueda de datos históricos, ambientales, urbanísticos, compositivos...
- Determinación de los sistemas constructivos y de los materiales utilizados

*DIAGNOSIS DE LOS PROBLEMAS:*

- Inspección visual y determinación de los problemas encontrados
- Representación gráfica de las patologías encontradas
- Definición de la necesidad de realizar pruebas diagnósticas
- Pruebas destructivas y no destructivas
- Valoración de los datos obtenidos y emisión de conclusiones
- Definición del estado de conservación y de la urgencia de intervención

*SOLUCIONES:*

- Propuesta de soluciones para cada problema encontrado
- Propuesta de métodos de eliminación de las causas

*MANTENIMIENTO:*

- Indicaciones para la programación del mantenimiento después de intervenir





### 3. CONTEXTO ACTUAL



## 2. CONTEXTO ACTUAL

### 2.1. SITUACIÓN

El Castillo del Valentino se encuentra en el parque de homónimo nombre que ocupa una parte de la orilla oeste del río Po a su paso por la ciudad de Torino, ciudad del Piamonte, región situada en el noroeste de la península italiana.



Castillo del Valentino evidenciado en rojo.

El ingreso principal al Castillo se encuentra en el Vial Pier Andrea Mattioli nº 39, calle de entrada vehicular limitada, que discurre en una dirección paralela a la Avenida Massimo d'Azeglio. Existe un segundo acceso en el sudeste del Castillo, en la calle Virgilio, a través de la doble escalinata monumental objeto de nuestro estudio, que no se encuentra abierto al público habitualmente. Además, hay un ingreso secundario al sudoeste de los límites del complejo de la Universidad.

La ciudad de Torino tiene un entramado urbano ortogonal con los ejes ligeramente girados respecto al norte.

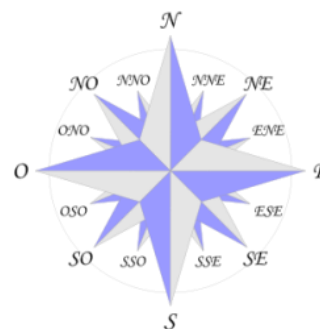
A continuación se definen las orientaciones reales de las fachadas del Castillo así como las denominaciones que se han establecido para reconocerlas.

NNE - Sucesivamente fachada Jardín Botánico

SSO - Suc. fachada Sur

ESE - Suc. fachada hacia el río Po

ONO - Suc. fachada hacia Torino



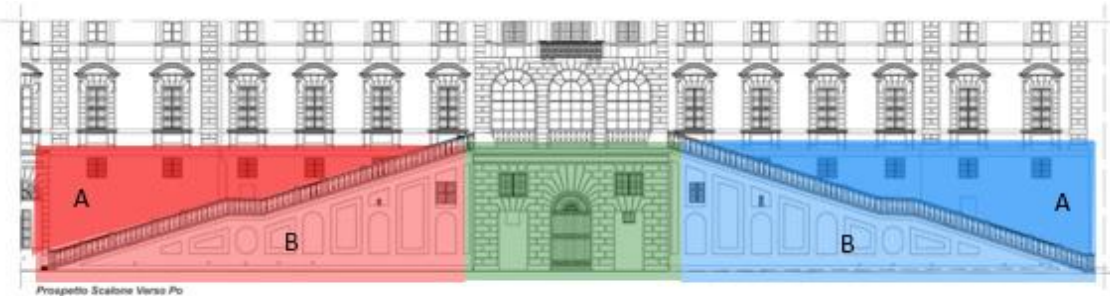
En el Anexo 01, se puede encontrar una lámina introductiva y en el Anexo 02, se muestran los diferentes alzados y plantas del Castillo del Valentino. A pesar de limitar el estudio de problemas a la escalinata, se ha querido dar una visión general de todo el monumento.

## 2.2. NOMENCLATURA

En éste apartado se determinan las nomenclaturas adoptadas para cada parte del Castillo. Éstos terminos se utilizarán durante todo el desarrollo del proyecto con la intención de dar una mayor claridad en el lenguaje empleado.



Nuestro objeto de estudio, la escalinata monumental, se encuentra comprendido dentro de la zona definida como Cuerpo Áulico, en la fachada hacia el río Po. A continuación se detallan las denominaciones de las partes de éste elemento.





La zona en rojo será llamada Rampa Sur y la azul Rampa Norte. Cuando se haga referencia al alzado de la fachada hacia el Po, se hará referencia a la zona roja como Alzado o Lado Izquiero y a la azul como Alzado o Lado derecho.

Las partes en tonos azul y rojo más claros corresponden a la fachada basamental de la escalinata y aquellas más oscuras a la fachada del Cuerpo Áulico.

La zona verde central se denominará Cuerpo emergente central, ya que la fachada del Cuerpo Áulico se encuentra retranqueada respecto a éste elemento para dejar espacio a la doble escalinata.

### 2.3. ANÁLISIS DEL ENTORNO

El parque del Valentino, dónde se encuentra el Castillo, fué proyectado por Carlo di Castellamonte en 1630 para uso privado de la residencia real. Más tarde, en el 1800 fue abierto al público. En los primeros años del 1900, sufrió una gran transformación en la que adoptó su forma actual.

Desde el momento de su apertura al público, comenzaron a surgir en el parque edificios dedicados a actividades de diversa índole, de los cuales se citarán aquellos que se encuentran cerca del Castillo.

Dentro del perímetro de la Facultad de Arquitectura, se han construído en diferentes épocas otros edificios para satisfacer todas las exigencias de la nueva finalidad del Castillo.



A principios del del siglo XX se construyó un edificio que originalmente fue la Biblioteca Central de Arquitectura (en rosa), pero que en la actualidad está en proceso de rehabilitación para ser dedicado a un archivo. Otros dos cuerpos que se erigieron en la misma época albergan oficinas, despachos y aulas (amarillo). Completan las adiciones una cafetería (azul), aulas de estudio y una nueva Biblioteca de construcción contemporánea (verde).

Haciendo medianera con la actual biblioteca, al sur, se encuentra la Sociedad Promotora de las Bellas Artes de Torino, que fue fundada el 28 de febrero de 1842 en la antigua demora del Conde de Benevello con la intención de difundir a través de exposiciones anuales las obras de los grandes artistas del momento.



Jardín Botánico



Edificio de la Sociedad Promotora de las Bellas Artes

Al norte del Castillo se encuentra la sede de Botánica de la Universidad de Torino, con su correspondiente Jardín Botánico, establecido en 1566. Tuvo un período de decadencia hasta 1729, año en el cual fue instituido de nuevo por Vittorio Amedeo II en el ámbito del proyecto de reorganización de la Universidad.

Entre el Ala Chevalley del Castillo y el río Po se encuentra el edificio de la Real Sociedad de Remeros Cerea, que es una de las sociedades de remo más antiguas de Italia, fundada en 1863. La sede actual se encuentra en el característico chalet que fue construido hace 140 años en sustitución de la techumbre del barquero de la casa real.

Al norte, bajo el muro del Jardín botánico, al nivel de la calle Virgilio se encuentran las caballerizas de la Policía y la Sociedad de Remo Armida, creada en 1869.

Más al sur, en frente de la Sociedad Promotora de las Bellas Artes, se encuentra una Sociedad Deportiva y Club de Esgrima, creada en 1843 y que desde 1954 tiene su sede en la Villa Glicini, propiedad del Ayuntamiento de Torino, en el interior del parque.



Reale Società Canottieri Cerea



Villa Glicini, Club de Esgrima

## 2.4. PARÁMETROS URBANÍSTICOS Y TERRITORIALES

### Catastro

La consulta de datos catastrales en Italia no es pública como en España y está limitada a propietarios y profesionales del sector con licencias específicas. No obstante, es posible obtener algunos de los datos catastrales de la Carta Técnica de la ciudad de Torino, accesible desde el GEOPORTALE a disposición ciudadana.

Referencia catastral: no consultable

Situación de las Parcelas: Viale Pier Andrea Mattioli nº 39  
10126 TORINO (TO)

Clase de suelo: Urbano

Parcelas urbanas: Folio 187, 16 e 13. Todo el Castillo está contenido en la parcela 16 a excepción del Ala Chevalley, que se encuentra en la parcela 16 junto al resto de edificios de la facultad.

Superficie suelo (aprox.):

Parcela 13: 8644,389 m<sup>2</sup>

Parcela 16: 10396,203 m<sup>2</sup>

Superficie Construida (aprox.):

Parcela 13: 11854,19 m<sup>2</sup>

Parcela 16: (sólo Ala Chevalley) 2094,6 m<sup>2</sup>



### "Carta Tecnica"

Éste plano incluye la zona del Castillo en el Distrito 8, que comprende los barrios de San Salvario, el Borgo Po, Cavoretto y el Parque del Valentino.

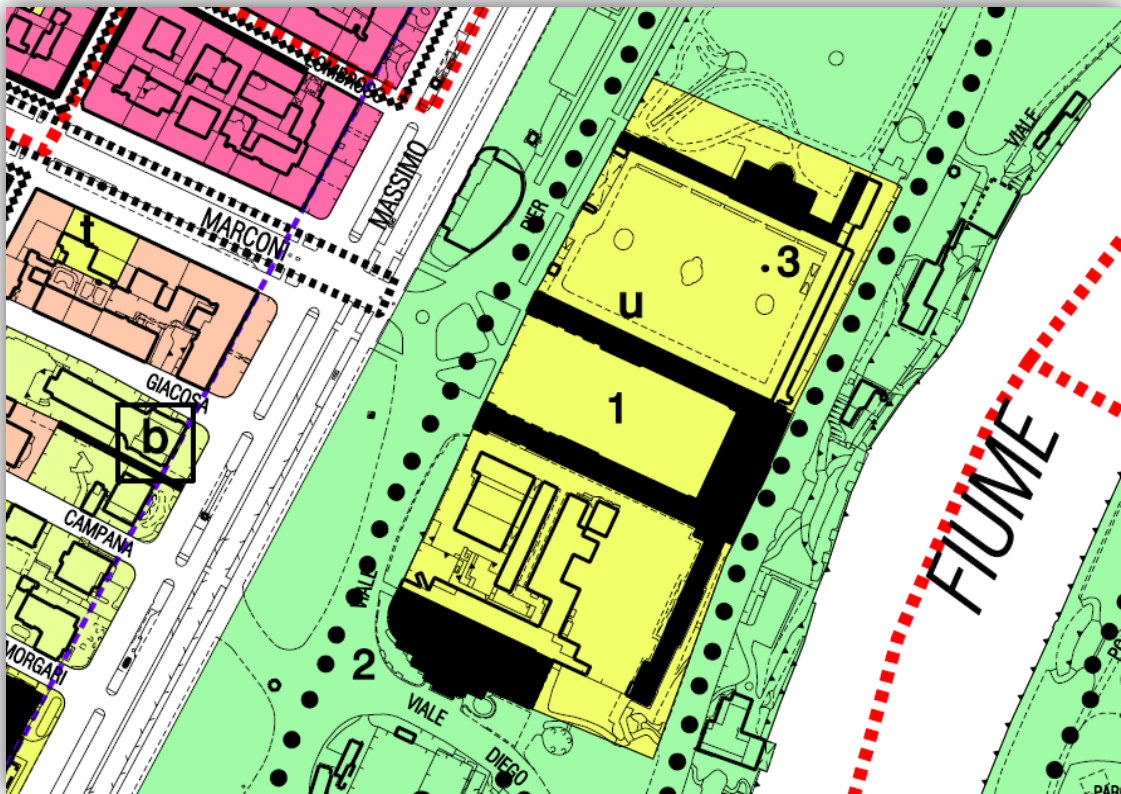
En la Carta Técnica encontramos también referencias de las alturas construídas del Castillo, como se puede ver en la imagen de la derecha. Las tres alas son predominantemente de dos niveles sobre la cota 0,00 m, el Cuerpo Aulico de tres niveles; las zonas ubicadas más al oeste de las alas simétricas hacia Torino, se elevan sólo de un nivel; y de las cuatro torres, dos se elevan tres niveles + un nivel abuhardillado y las otras dos torres, en la fachada hacia el río Po, tienen 4 niveles sobre la cota 0,00 m más un nivel abuhardillado. Además, las partes correspondientes al Cuerpo Aulico y al Ala Chevalley, tienen un nivel de sótano bajo la cota 0,00 m.



## PRG

El *Piano Regolatore Generale della Città di Torino* es el equivalente del PGOU de Valencia y comprende las Normas Urbanístico-Edilicias de Actuación. Fue aprobado el 30 de Junio de 2006 y ha integrado posteriores modificaciones y correcciones<sup>1</sup>.

Será un documento a considerar cuando se prevea realizar intervenciones que alteren la estructura de los edificios y dependiendo del tipo de trabajo permitido en esa parcela según la codificación del *Piano*. El PRG establece el modo en el que puede ser modificada una parcela y la destinación de uso. En el caso de nuestra parcela, no se admite transformación alguna.



Ampliación del folio 13A del plano de zonificación del PRG de la ciudad de Torino actualizado con las variaciones aprobadas a fecha de 30 de Junio de 2011.

A continuación se describe la información referida a la codificación del *Piano Regolatore* que aparece en su correspondiente leyenda.

"u" - Corresponde a la codificación de las áreas por servicios, siendo el Castillo del Valentino clasificado en este caso como un edificio de instrucción universitaria.

Todo el Castillo aparece sombreado en negro en éste plano de zonificación debido a su condición de edificio de interés histórico y dentro de ésta clasificación, se trata de un complejo de categoría 1, es decir, un "Edificio de gran prestigio".

<sup>1</sup> variante n. 100 adoptada con DCC n. 147 del 12/04/2006 (mecc. 2006 02894/009). Última variación 30 de Junio de 2011.

El Castillo del Valentino es un bien inmueble sujeto también a vínculos de los Bienes Arquitectónicos, clasificado como un edificio de "valor histórico-artístico". Cualquier intervención que se desee realizar en éste bien cultural, deberá ser comunicada a la Superintendencia de Bienes Culturales a través de una Notificación Ministerial.

Otra información obtenida del visor del GEOPORTALE del Ayuntamiento de Torino:

- Clasificación como bien cultural según el Punto 1 del Artículo 10 del Decreto Legislativo 42/2004: "*Sono beni culturali le cose immobili e mobili appartenenti allo Stato, alle regioni, agli altri enti pubblici territoriali, nonché ad ogni altro ente ed istituto pubblico e a persone giuridiche private senza fine di lucro, che presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico.*"
- Está dentro de una zona comprendida en el registro de los bienes de interés paisajístico, Artículo 136 del Decreto Legislativo 42/2004: "*Immobili ed aree di notevole interesse pubblico. 1. Sono soggetti alle disposizioni di questo Titolo per il loro notevole interesse pubblico: [...] b) le ville, i giardini e i parchi, non tutelati dalle disposizioni della Parte seconda del presente codice, che si distinguono per la loro non comune bellezza;*"
- El Castillo ésta bajo peligro geológico: *Immobili soggetti a vincolo ai sensi del D.Lgs. n. 42/2004 Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio e s.m.i., (già Leggi n. 1089 del 1 giugno 1939 e n. 1497 del 20 giugno 1939 e s.m.i.)*
- La zona del Castillo del Valentino en su totalidad se incluye en el actual Plan Operativo Territorial del río Po.
- Se encuentra fuera de las zonas de interés arqueológico y paleontológico y también de la Zona Urbana Cental Histórica (ZUCS) y por lo tanto las directivas referidas a estas áreas no serán de aplicación para nuestro objeto de estudio.

### Alineaciones

La situación del Castillo le confiere un tratamiento especial por lo que respecta a las alineaciones de fachada contenidas en el PRG. Fueron los edificios construídos después del Castillo y no éste, los que se adaptaron a su alineación. Habiendo sido construído dentro del Parque del Valentino como Villa exterior a las antiguas murallas de la ciudad, ya en origen no se encontraba dentro del entramado urbano, por lo que disfrutó de un privilegio de espacio durante su construcción.

No obstante, desde 1583 existe una vía mandada construir por Filippo d'Este, que comunica el Castillo con la Iglesia de San Salvario. Éste camino se conocía en origen como "la Gran Vía" y en referencia a ésta fué desarrollándose el entramado urbano del barrio de San Salvario en los siglos posteriores. Actualmente ésta vía corresponde con la Avenida Amedeo Marconi (en amarillo a continuación).

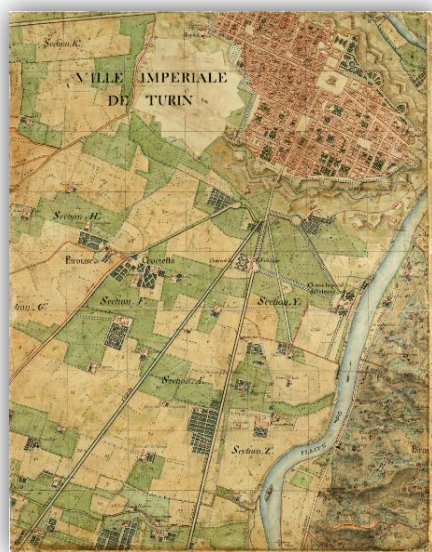
Las fachadas de las alas simétricas del Castillo hacia Torino respetan ligeramente la alineación con la Avenida Massimo d'Azeglio (eje negro), que ya había sido construida en 1866 cuando se realizó el catastro Rabbini y que será presentado posteriormente.



Aparecen referencias a ésta "Gran Vía" en los documentos de catastros antiguos conservados en el Archivo de Estado de Torino y que se analizarán a continuación.

### Catastro antiguo

El plano del catastro más antiguo conservado en el Archivo de Estado, es el Catastro Napoleónico, de 1805. Sobre éste plano, podemos ver cómo ya aparece el eje de conexión entre el Castillo y la Real Capilla de San Salvario a través de la vía actualmente conocida como Avenida Marconi.

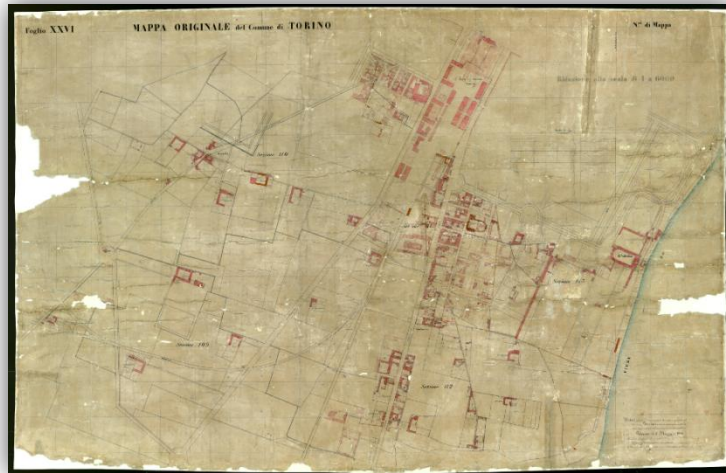


Folio 13 del plano de Catastro Torino del *Catasto Napoleonico*, conservado en la sala de los planos de la sección *Riunite* del Archivo de Estado de Torino. A la derecha, ampliación del área interesada del estudio dónde se hace referencia al Castillo como "Chateaux Imperial du Valentin".

También aparecen en éste plano del catastro otras vías de unión con las murallas de la ciudad que no han llegado hasta nuestros días, abiéndose dado preferencia a un entramado urbano con prevalencia ortogonal.

Posteriormente, aparecen referencias al Valentino en el catastro Rabbini de 1866. En particular, el Castillo aparece en éste catastro en el Folio XXVI.

En éste plano se puede ver como las murallas que rodeaban la ciudad de Torino han desaparecido y han dejado paso a un entramado urbano con tendencia ortogonal que se ha desarrollado en referencia a ejes más antiguos como pueden ser la "Gran Vía" o la Avenida Massimo d'Azeglio.



Ampliación del área que comprende el Valentino. Plano del Catastro de Torino perteneciente al Catastro Rabbini de 1866, conservado en la sala de los planos y mapas de la sección *Riunite* del Archivo de Estado de Torino.

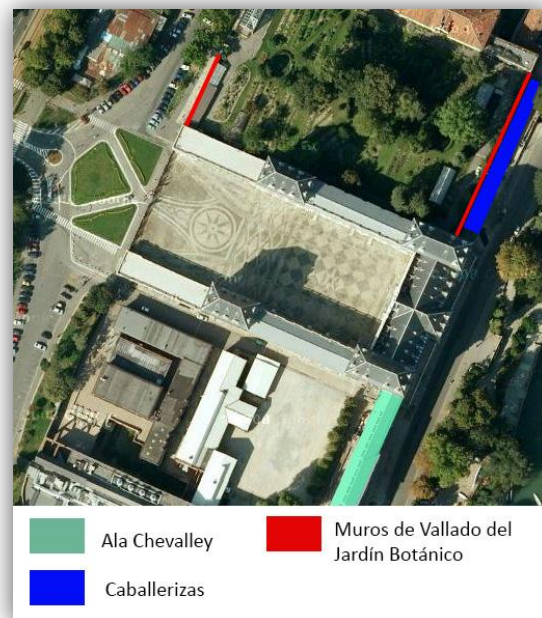
## 2.5. MEDIANERÍA Y CONSTRUCCIONES ADYACENTES

El Castillo del Valentino no linda con otras construcciones y por lo tanto se puede considerar un edificio aislado y por ello, sus cimentaciones no entran en conflicto con las de ningún otro edificio.

A pesar de ello, debido a las variaciones de forma y volumen que el Castillo ha sufrido a lo largo de los años, existen elementos más recientes y diferentes cotas de cimentación. El Valentino engloba en su estructura actual la villa fluvial original, abiendo mantenido sus cimentaciones.

El Ala Chevalley fue construída mucho más tarde que el Cuerpo Aulico y las Alas simétricas hacia Torino y ésto podría haber influenciado un comportamiento diferente de su cimentación respecto al terreno. Ésto puede producirse sea por un cambio en el material de cimentación respecto a aquellas más antiguas o debido a una variación de cota de apoyo de éstas.

Además, en su parte norte, desde la fachada del Castillo hacia el jardín botánico, parten dos muros de vallado construídos a cota 0,00 m. Las posibles presiones que el terreno ejerce contra la cimentación de estos muros podrían empujarlos contra la fachada del Castillo. El edificio de las caballerizas de la Policía a cota aproximada -8,00 m es una construcción relativamente reciente en madera de una sola planta que no aporta grandes cargas adicionales al terreno en relación al Castillo.



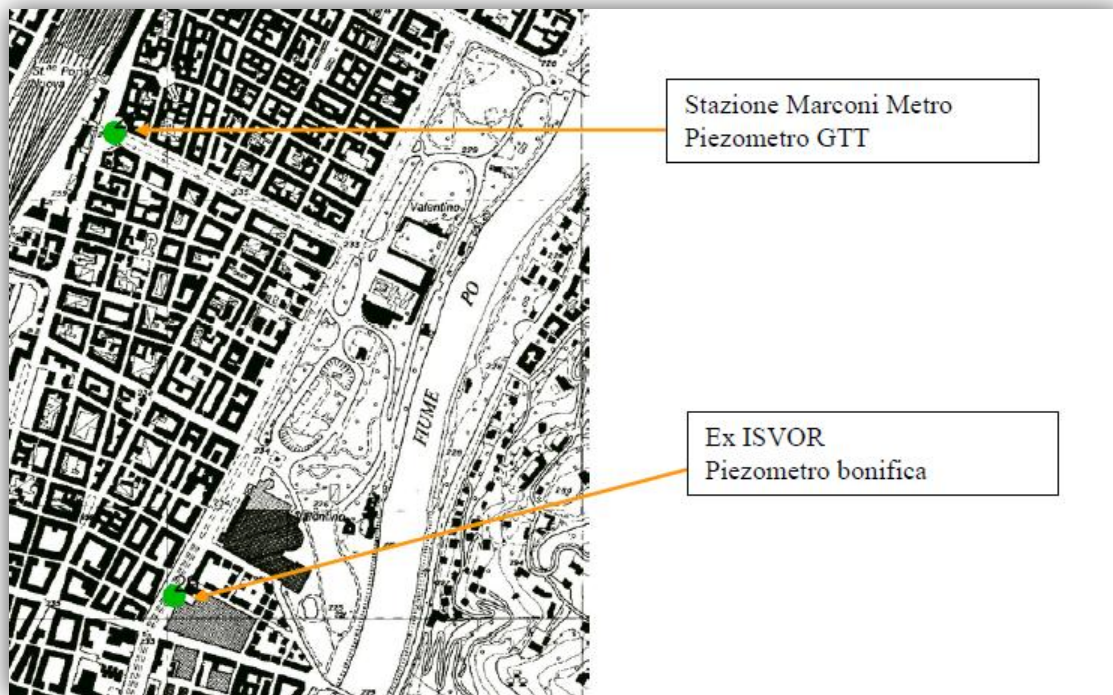
## 2.6. VÍNCULOS SUBTERRÁNEOS. NIVEL FREÁTICO Y CONDUCCIONES ENTERRADAS.

Éstos datos se deberán tener en cuenta en caso de que se establezca la realización de intervenciones en la cimentación, ya sea por filtraciones de aguas subterráneas que subyacen de modo natural en el terreno como por posibles roturas de tuberías enterradas.

Conocer el nivel freático ayudará a entender la gravedad del fenómeno de capilaridad por absorción de agua del terreno a través de los muros.



La información sobre el nivel freático en la zona del Valentino fue solicitada al ARPA Piemonte, que ha proporcionado los datos piezométricos relativos a las estaciones de control más próximas al Castillo:



Codice Rete	Indirizzo	Denominazione sito	Q rif	data primo sopralluogo (2011)	soggiacenza primo sopralluogo	data_misura (maggio2012)	soggiacenza maggio 12 (pc)	data_misura (sett_ott2012)	soggiacenza autunno 12 (pc)
22	Largo Marconi	Stazione Marconi	237.2	02/05/2011	15.14	07/05/2012	15.23	20/09/2012	15.49
29	Corso Massimo d'Azeglio - controviale	EX ISVOR	232.2	21/06/2011	15.99	07/05/2012	16.34	20/09/2012	16.54

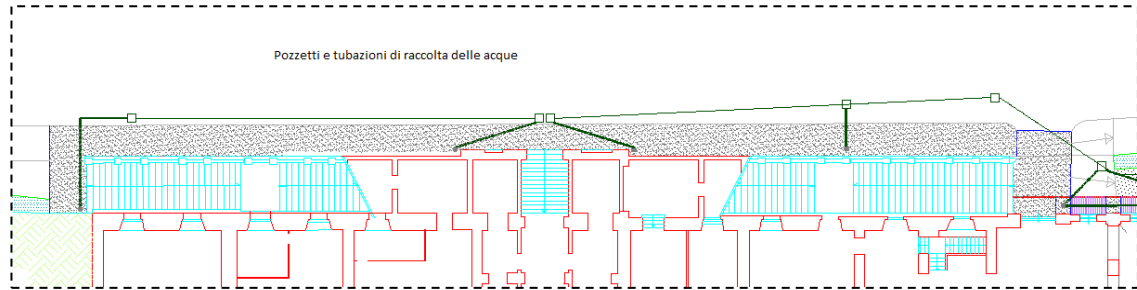
Datos proporcionados por el ente ARPA Piemonte.

El nivel freático medido por las estaciones de control, se encuentra a una cota ligeramente más baja que las cimentaciones del Castillo, pero a pesar de ello, existen niveles superiores del terreno con un alto contenido de agua que hacen avanzar ascendentemente la capilaridad en los muros.

Por lo que respecta a las canalizaciones enterradas, existe una red de aguas negras que discurre aproximadamente por el eje central de la calle Virgilio a 6 metros de profundidades y dónde desemboca una canalización de agua que atraviesa el Castillo por su eje central (por en medio del patio central).

También existe la instalación eléctrica de alumbrado público que abastece de electricidad a las dos farolas situadas delante de la escalinata y cuyas conducciones discuren en modo enterrado bajo la acera.

En el proyecto de rehabilitación realizado en los años 2000/2001 se ha encontrado el siguiente esquema de disposición de las arquetas para la evacuación del agua de lluvia. Por lo que se deberá tener en cuenta su colocación en la propuesta de intervención en el caso de que sea necesario quitar la acera.



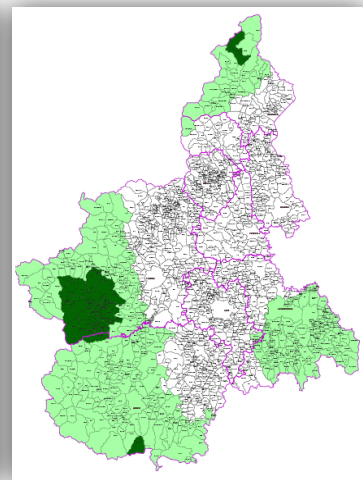
Durante la observación de ése proyecto realizado, tuve ciertas dudas de que se hubieran ejecutado las arquetas como había sido establecido ya que también se proponía un cambio en la pavimentación de la acera, actualmente de cemento, a piedra de Luserna y ésto no ha sido realizado. Posteriormente se ha podido comprobar in situ la existencia de dichas arquetas y su correspondiente tapa de registro, visibles en la acera.

## 2.6. SISMICIDAD

La última clasificación sísmica de Italia incluía casi todo el Piamonte en zona de bajo riesgo, pero el 19 de enero de 2010, se aprobó un cambio en la zonificación sísmica del Piamonte, que incluía nuevas zonas de riesgo moderado, pero que dejaba al municipio de Torino en Zona 4, es decir, en zona de bajo riesgo sísmico.



Clasificación sísmica italia, 2006.



Nueva clasificación sísmica del Piamonte, enero de 2010.

No obstante, desde el 1 de julio de 2009, las nuevas Normas Técnicas para la Construcción, que definen los principios generales para la proyectación, ejecución y comprobaciones y que establecen los criterios generales de seguridad; se deben aplicar a todas las construcciones, independientemente de la zona sísmica en la que se encuentren. Ha concluido el período en el que estaban exentas de éstas directivas las construcciones en Zona 4.

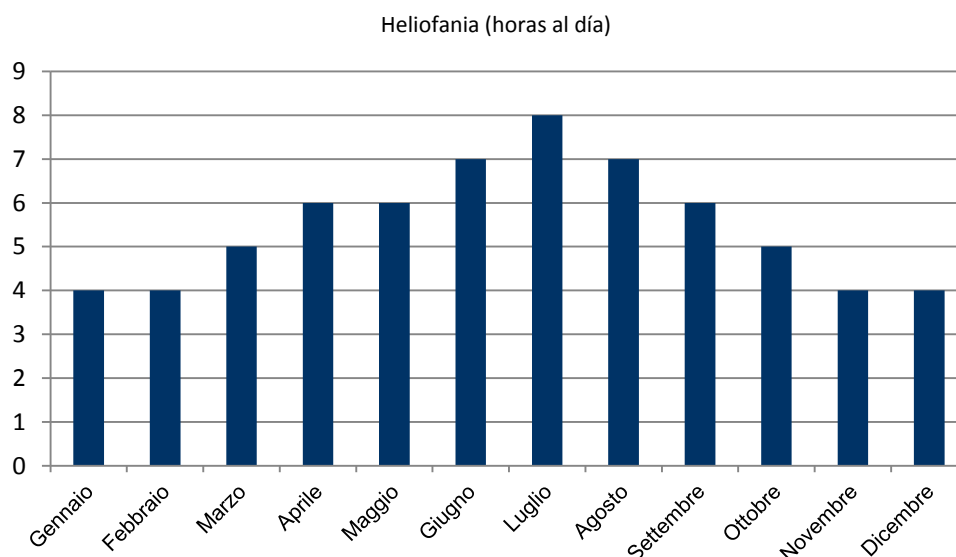
## 2.7. CLIMA DE TORINO

Según la clasificación de los climas de Köppen, Torino pertenece a la franja Cfa: clima templado de las medias latitudes con verano cálido (temperatura media absoluta del mes más cálido no inferior a 22 °C), inviernos fríos y sin estación seca. En particular Torino tiene un clima templado sub-continental, con inviernos fríos y relativamente secos y veranos cálidos.

### 2.7.1. Heliofania

La heliofania es el parámetro meteorológico que mide la duración media de la iluminación solar en una localidad o zona específica. La Heliofania absoluta mide la duración efectiva de la iluminación solar directa sin interposición de nubes en un período determinado.

En la siguiente tabla se muestra una media de las horas de sol diarias. De trata de medias mensuales referidas a los últimos 30 años, basadas en los datos de la estación meteorológica de registro de Torino-Caselle.



A pesar de éstos datos generales se deberán considerar las singularidades de la iluminación solar sobre el objeto de estudio, la escalinata monumental hacia el Po.

La fachada hacia el Po tiene una orientación ESE, que llevaría a pensar que es la fachada que más tiempo está iluminada por el sol, pero en otoño e invierno cuando la inclinación de los rayos solares es mayor, la Colina Torinese situada en la otra orilla del río se convierte en un obstáculo que reduce las horas diarias de sol.

Existe otra zona de la escalinata que ve reducidas sus horas de iluminación solar. Se trata de la parte alta de la rampa norte. En los meses de otoño e invierno el tramo de los últimos 9-10

escalones superiores entra en sombra muy pronto debido a las sombras proyectadas por el propio Castillo.

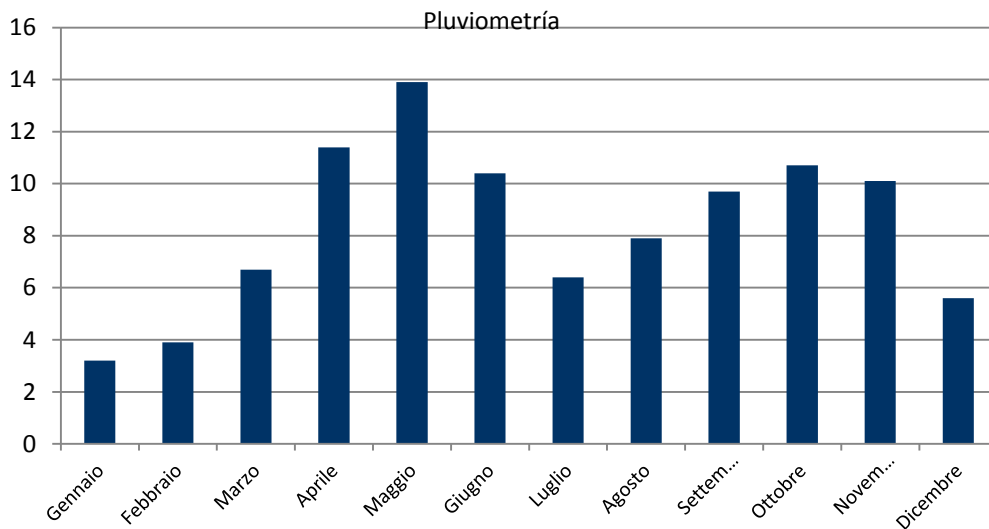
Además, los cipreses de hoja perenne situados en la orilla del río generan sombras sobre la fachada hacia el Po, prevalentemente sobre la parte izquierda. Ésto se tendrá en cuenta durante el análisis termográfico, donde se realizará un estudio de las sombras específico para los días de toma de datos.

### 2.7.2. Pluviometría, precipitaciones y riadas

Torino tiene un régimen pluviométrico de tipo sublitoral occidental. Ésto quiere decir que alcanza sus máximos pluviométricos en las estaciones intermedias, sobre todo en primavera y sus mínimos en invierno y verano.

En invierno pueden producirse nevadas ocasionales moderadas. No obstante, pueden darse inviernos con nevadas intensas como ocurrió con la ola de frío polar en febrero del 2012.

A continuación se muestra una tabla con la pluviometría media por mes del año en la ciudad de Torino.



La elevada cementificación de la ciudad favorece la producción de desbordamientos en los periodos de lluvia intensa tanto del río Po como sus otros tres afluentes que atraviesan la ciudad: Dora Riparia, Stura y Sangone. El río Po tiene un caudal medio de 100 m<sup>3</sup>/s a su paso por la ciudad.

El Castillo y en particular la zona de la doble escalinata se encuentran dentro del área de riesgo secundario por desbordamiento del río Po. El último desbordamiento se produjo en la primavera de 2012 pero no llegó a alcanzar la cota del Castillo.

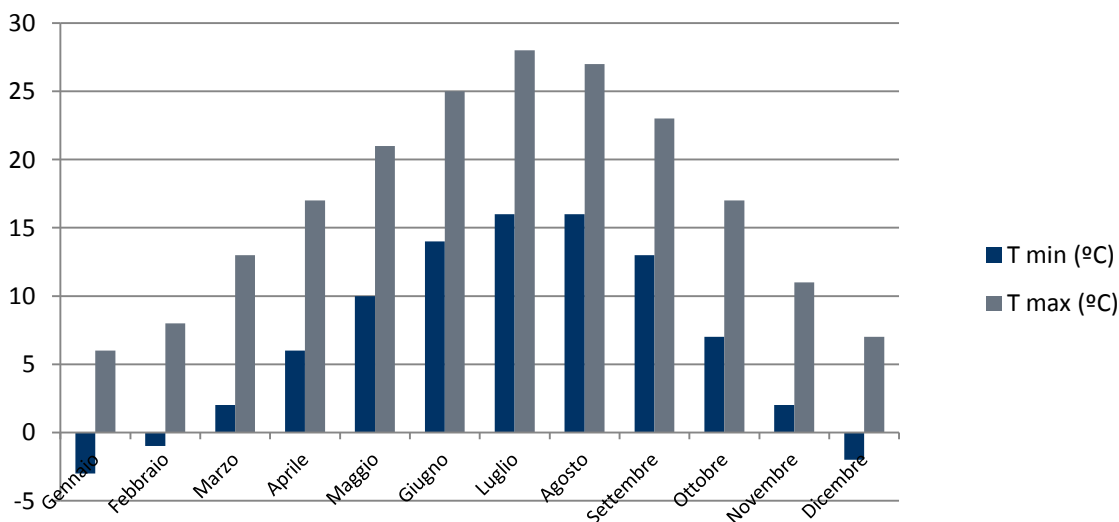
La siguiente tabla se obtiene de los datos aportados por la leyenda del "Plano de Peligro Geomorfológico y de idoneidad para el uso urbanístico" contenido en el PRG de Torino. La zona del Castillo del Valentino está situada dentro del área de peligro IIIb3 y la zona adyacente al Castillo entre la escalinata y el río, en la calle Virgilio, a la zona IIIb4:

Zona	Condiciones		Peligro
	Antropogénicas	Hidrogeomorfológicas	
IIIb3	Zonas marginales del edificio	Áreas parcialmente inundadas y actualmente inundables	Moderado
IIIb4	Zonas edificadas	Áreas parcialmente inundadas y actualmente inundables	Elevado

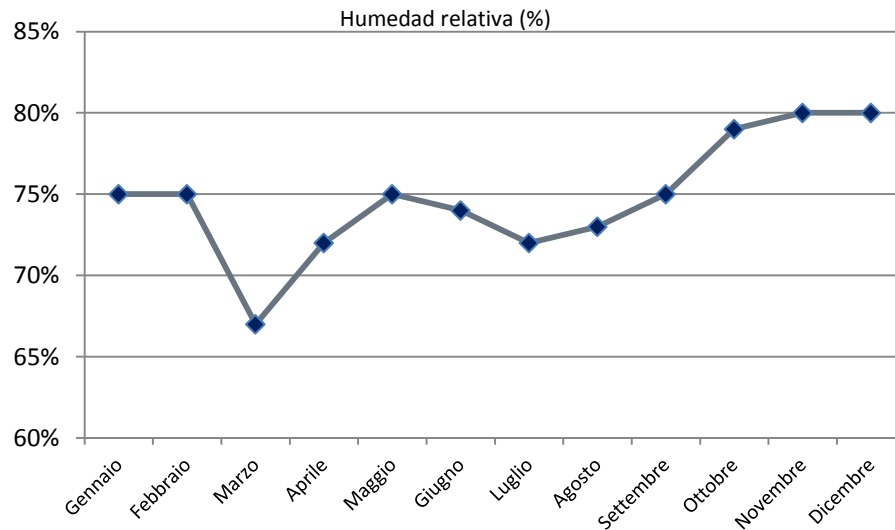
De ésta tabla se debe tener en cuenta que existe el riesgo de inundaciones parciales de la zona de la escalinata monumental por lo que para la programación de los trabajos será conveniente evitar los períodos de máximas lluvias.

### 2.7.3. Temperatura y humedad

En tabla siguiente se muestran las temperaturas medias máximas y mínimas calculadas en base a los datos registrados en los últimos 30 años, de la estación meteorológica de Torino-Caselle.



También se han recogido los datos relativos a la evolución media de la humedad a lo largo del año.



Todos estos datos se refieren como ya se ha dicho a la estación de Torino-Caselle, que se encuentra en el aeropuerto y no en el centro urbano de Torino. En los centros urbanos, generalmente, la humedad es más baja respecto a las zonas de campo, pero se tendrá en cuenta también la proximidad del río, que puede elevar el porcentaje de humedad ambiental.

#### 2.7.4. Contaminación ambiental y calidad del aire

En Torino la Calidad del Aire se mide mediante el Sistema Regional de Detección (*Sistema Regionale di Rilevamento*) y se regula por el Decreto Legislativo n. 155 del 13 de Agosto 2010, "*Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente per un'aria più pulita in Europa*".

Indicadores ambientales: La directiva europea determina los valores límites para la salud de agentes contaminantes contenidos en la atmósfera y que se enumeran a continuación. Todos aquellos que aparecen en negro respetan el máximo establecido por dicha ley:

- dióxido de azufre
- monóxido de carbono
- benceno
- plomo
- arsénico
- cadmio
- níquel
- benzoapireno
- dióxido de nitrógeno (El indicador calculado en base anual suele ser superado por el que se calcula en base oraria es superado ocasionalmente.
- PM10 e PM2.5 - Partículas en suspensión
- Ozono

Éstos tres últimos indicadores no respetan los máximos establecidos por la directiva europea para la protección de la salud.

A continuación se describen aquellos indicadores que superan los máximos establecidos.

### NO<sub>2</sub> - Dióxido de Nitrógeno

El dióxido de nitrógeno es un gas de color marrón rojizo, con un olor fuerte y picante, altamente tóxico e irritante. En general, los óxidos de nitrógeno (NO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub>, etc) se generan por procesos de combustión, con independencia del combustible utilizado, por reacción directa entre el nitrógeno y el oxígeno del aire a alta temperatura (más de 1200 °C).

<b>NO<sub>2</sub> - Limite horario para la protección de la salud humana (293 °K e 101,3 kPa)</b>	
Periodo di mediación: 1 hora	200 µg/m <sup>3</sup> por un max de 18 horas en un año
<b>NO<sub>2</sub> - Limite anual para la protección de la salud humana (293 °K e 101,3 kPa)</b>	
Periodo di mediación: año civil	40 µg/m <sup>3</sup>
<b>NO<sub>2</sub> - Umbral de alerta del dióxido de nitrógeno (293 °K e 101,3 kPa)</b>	
400 µg/m <sup>3</sup> medidos durante tres horas consecutivas en localidades representativas de la calidad del aire en al menos 100 km <sup>2</sup> o una zona o aglomerado completos, si tal zona o aglomerado son menos extensos.	

El valor de éste indicador ha visto superado el límite establecido por la directiva en todas las estaciones de control.

### PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub> - Partículas en suspensión

El estos elementos en suspensión se componen de partículas muy pequeñas (sólidas o líquidas) dispersas en la atmósfera. Las partículas se clasifican en función de sus características de tamaño: partículas finas, también conocidas como PM<sub>10</sub>, incluyen todos los tamaños de partículas hasta un diámetro de 10 micrómetros (1 micrómetro equivale a una millonésima parte de un metro) y PM<sub>2.5</sub> incluye todas las partículas extremadamente pequeñas con un diámetro de hasta 2,5 micrómetros.

Clasificación:

-Primarias: partículas emitidas directamente a la atmósfera, provenientes de fuentes como vehículos, instalaciones industriales, obras o la combustión en estufas de leña.

-Secundarias: se forman por procesos de transformación química y de condensación de las sustancias gaseosas primarias y están compuestas principalmente por nitratos y sulfatos, derivados de las reacciones de transformación de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno con el amoníaco, e de sustancias organicas (componenete organico secundario). La composición química de las partículas es muy variable y depende del lugar, del periodo del año y del clima.

Estas partículas aparecen frecuentemente en forma de depósito superficial sobre los elementos pétreos, por ejemplo.

<b>PM<sub>10</sub> - Limite horario para la protección de la salud humana</b>	
Periodo di mediación: 1 día	50 µg/m <sup>3</sup> por un max de 35 días en un año
<b>PM<sub>10</sub> - Limite anual para la protección de la salud humana</b>	
Periodo di mediación: año civil	40 µg/m <sup>3</sup>

## Ozono

El ozono es un gas incoloro compuesto de moléculas que consisten en tres átomos de oxígeno. Su naturaleza molecular hace que sea muy inestable y muy reactivo, debido a su gran poder oxidante. Esta capacidad de oxidar puede tener un efecto negativo en los organismos vivos.

Dependiendo de su ubicación en la atmósfera, el ozono puede ser beneficioso, como el ozono estratosférico que nos protege de los rayos UVA nocivos, o puede ser perjudicial, cuando se encuentra en contacto directo con seres vivos en la baja troposfera en concentraciones excesivamente elevadas.

### Ozono - Limite orario para la protección de la salud humana

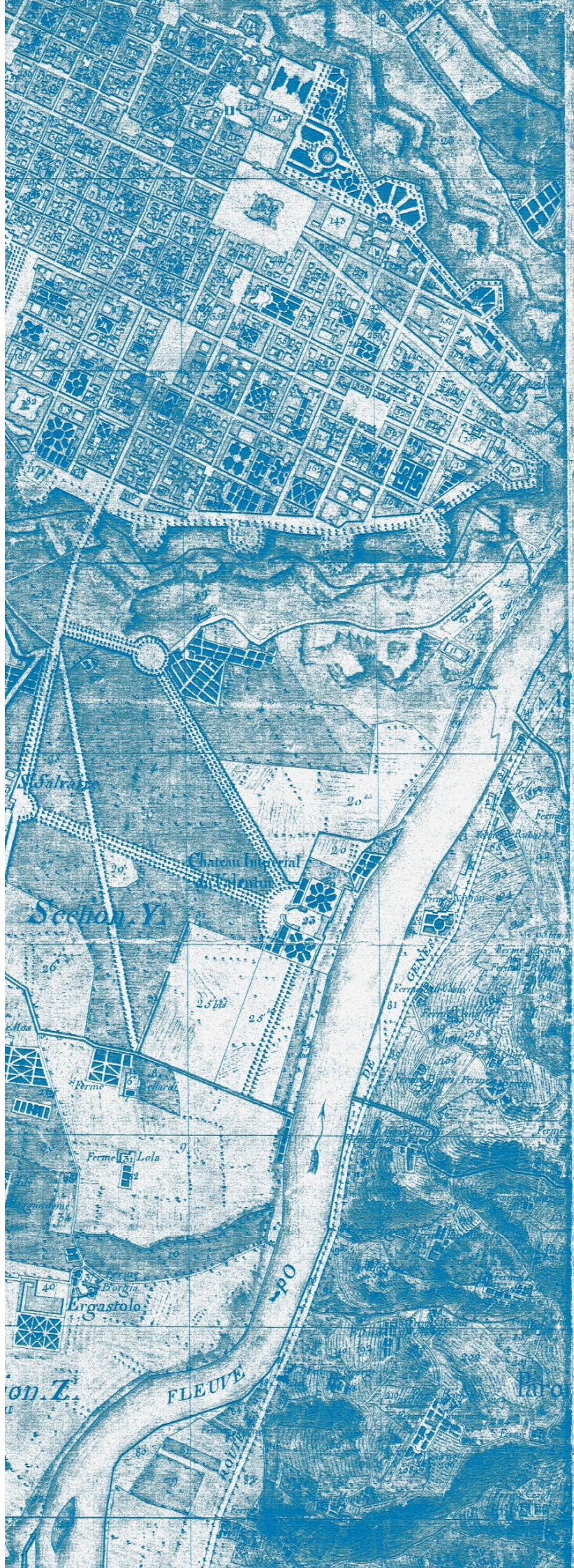
Valor límite para la protección de la salud: 120 mg/m<sup>3</sup> 8 horas día promedio máximo que no debe superarse más de 25 días por cada año civil de promedio en tres años.

Los valores que ponen en riesgo la salud humana se deberán tener en cuenta para la redacción del Plan de seguridad y coordinación para los trabajos de rehabilitación<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Piano di sicurezza e coordinamento per i lavori di recupero





### 3. CONTEXTO HISTÓRICO



### 3. CONTEXTO HISTÓRICO

#### 3.1. LA SITUACIÓN DE ITALIA ENTRE 1500 Y 1600: la dominación extranjera

*“Tutto questo tratto di paese, poco fa bellissimo, è ridotto a tale termini che non si conosce più quale sia stato. Incolto, senza gente per le città, senza uomini e senza animali per le ville, imboschito e tutto selvatico. Non si vedono case, che il più furono abbruciate; della maggior parte dei castelli appaiono i muri soltanto; degli abitanti chi è morto di peste o di fame, chi di ferro, chi fuggì altrove, volendo piuttosto mendicare il pane fuori di casa, che in essa sopportare i travagli peggiori della morte”<sup>1</sup>.*

Con estas palabras Navagero, embajador de Venecia en Francia, de paso por las tierras del Piamonte, describía la situación en la que se encontraba el Ducado de Saboya a mediados del siglo XVI, cuando las propiedades de Carlo II de Saboya se encontraban devastadas por los ejércitos franceses y saqueadas por las tropas españolas.

La dominación extranjera en Italia empezó a finales del 1400, cuando la península resultaba muy frágil por la división y la lucha interna entre los Ducados. Esta era una situación ideal para las fuerzas extranjeras que en ese período se estaban reorganizando en Estados nacionales más o menos estables: Francia, España, Portugal, Inglaterra, Rusia, Bohemia, Hungría, Austria, Suecia, Dinamarca y Polonia. Italia y Alemania eran los únicos Estados importantes que todavía no habían conseguido la Unidad Nacional y fueron por ello objeto de continuas invasiones. La atención de Francia y España se concentró sobre todo en Italia.



En este mapa se puede ver la fragmentación italiana de aquel periodo.

El Ducado de Milán, junto al Reino de Nápoles, se encontraba bajo el dominio español. Había también otras importantes potencias como la República de Venecia, el Estado de la Iglesia, el Ducado de Toscana y el de Saboya. En esta situación general intenta meterse Francia, cuya zona de influencia coincidirá con el Ducado de Saboya.

La primera aparición Francesa en tierras italianas se remonta a 1494 con Carlo VII que aprovecha la petición de ayuda de Ludovico Sforza para derrocar del poder al joven Gian Galeazzo Visconti para ser el único y legítimo duque de Milán.

<sup>1</sup> Referido por el Conde Napione de Coconato en la vida de Federico Asinari Conde de Camerano. “Las crónicas de Chieri” de Luigi Cribario, libro cuarto, p.530

Para este propósito tenía que superar la hostilidad del Rey de Nápoles, Fernando de Aragón, tío de la mujer de Gian Galeazzo. Consciente de la rivalidad entre Francia y España, Ludovico pide la intervención del rey francés que con anterioridad había ya reclamado el Reino de Nápoles. Carlo VII llegó hasta los alrededores de Nápoles. Los príncipes italianos, apoyados por España, decidieron crear una alianza compuesta por Milán, el Estado de la Iglesia y la República de Venecia. La campaña militar de Carlo VII no tuvo éxito pero demostró la facilidad con la que un ejército podía penetrar en Italia. Empezó así un periodo de invasiones y guerras entre los ejércitos de Francia y España para disputarse el control de la península itálica.

La guerra contra los franceses continuó hasta la firma de "la paz de Cateau-Cambresis" (1559) que decretó el dominio español en Italia y la casi total renuncia por parte de Francia. Según ese acuerdo los españoles mantenían el control sobre el Ducado de Milán y sobre los reinos de Nápoles, Sicilia y Cerdeña. Los franceses devolvieron Córcega a la República de Génova y el Piamonte al Ducado de Saboya. Solo quedó en sus manos el Marquesado de Saluzzo, un pequeño territorio entre Francia y el Ducado de Saboya. Se explica así la fuerte influencia francesa en Piamonte. Si la paz había decretado la derrota francesa es natural pensar que en los años siguientes se sucedieran pequeñas batallas entre los distintos asentamientos.

### 3.2. LA SITUACIÓN DEL PIAMONTE Y DE TORINO ENTRE 1500 Y 1600

#### *La batalla de Saint-Quentin*

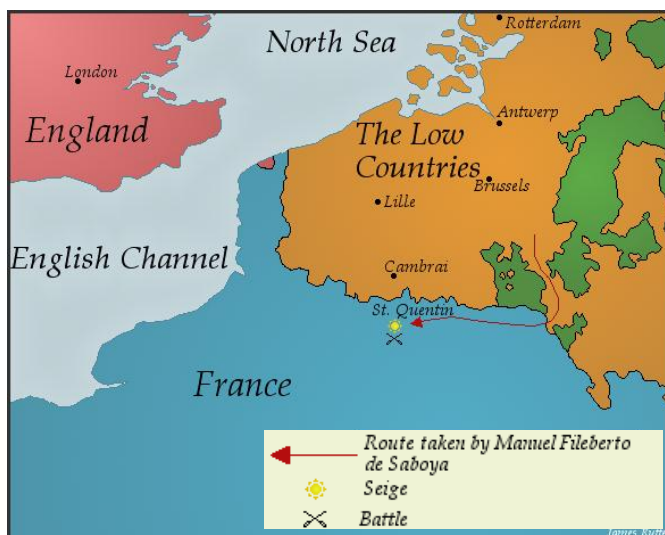
La batalla de Saint-Quentin acaecida en 1557, anticipó el veredicto de la paz de Cateau-Cambresis, decretando la presencia de los Saboya en Piamonte.

Saint-Quentin es una ciudad en el norte de Francia, punto estratégico de entrada de la armada española hacia París. Las fuerzas que se batieron en ésta batalla fueron de nuevo, el ejército francés, guiado por Montmorency y el ejército español, guiado por Emanuele Filiberto de Saboya. Francia sufrió una terrible derrota; Emanuele Filiberto consiguió la victoria con un ejército de sólo 10.000 efectivos contra 23.500 franceses.

El servicio prestado por el Duque de Saboya a España fue determinante cuando se discutieron los términos de la paz de Cateau-Cambresis.

Los territorios sustraídos de Francia al Piamonte fueron devueltos como recompensa por la batalla ganada.

Torino y el Piamonte viven la afirmación de un nuevo gran personaje, Emanuele Filiberto.

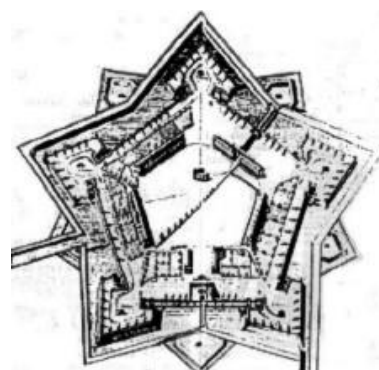


*Emanuele Filiberto (1528-1580)*

El 7 de febrero del 1563 Emanuele Filiberto entró triunfante en Torino. Después de la batalla de Saint-Quentin y tras haber recuperado territorios con la paz de Cateau-Cambresis podía presentarse como el liberador de la dominación francesa.

Sin embargo la paz no era todavía definitiva. Torino y el Piamonte debían permanecer en alerta para evitar que los franceses volvieran a amenazar los territorios del Ducado. La gente piamontesa, conocida por su alegría y sencillez, tuvo que convertirse al hierro y a la espada para defender sus tierras. Bajo el poder de Emanuele Filiberto se asistió a ese cambio. Aunque el príncipe se distinguió por su política de acuerdos y amistad hacia las otras potencias italianas y extranjeras, decidió también fortalecer militarmente la ciudad. Fortalezas y castillos empiezan a surgir por todo el Ducado y el lema "*Popolo di Torino, pane vino e tamburino*"<sup>2</sup> dejó de existir. El Piamonte se había convertido en un verdadero campo de batalla. Con estas palabras Mario Foscari se pronunciaba sobre este cambio "*Aborriano della guerra anche il nome, ora l'apprezzano oltremisura*"<sup>3</sup>.

La capital del Ducado de Saboya se transfirió de Chambery a Torino en el 1563. Debido a esto, la fisonomía de la ciudad cambió significativamente. Para fortalecer las defensas se decidió construir la "Cittadella", obra del ingeniero Francesco Paciotto. La fortificación tenía una característica forma pentagonal con una serie de baluartes defensivos alrededor. Torino deja de ser una ciudad tranquila y se convierte en una verdadera capital. No sólo capital militar, sino también capital política y cultural.



Planta de la Ciudadela

La ciudad se demostró rápida y pequeña e inadecuada para las nuevas necesidades. El aspecto general de Torino era demasiado rural y la situación de superpoblación era insostenible. En un principio la ciudad estaba gobernada por un pequeño círculo de nobles y burgueses y Emanuele Filiberto cambió este sistema de forma gradual para que Torino empezara a ser una verdadera capital. Lo intentó sin éxito en 1569 cuando obligó a los dueños de casas a restaurarlas para que los edificios reflejaran los valores de una gran ciudad. Las quejas de los Consejos Ciudadanos empezaron a acusar al Duque de violar los principios de la propiedad privada y Emanuele tuvo que desistir en su proyecto.

En Torino faltaban edificios de prestigio y distinción y por ello Emanuele Filiberto puso en marcha una nueva política de construcción que nunca antes se había visto por parte de un monarca.

<sup>2</sup> "Pueblo de Torino, pan, vino y tambor" frase de Francesco Cognasso, Historia de Torino, p.217

<sup>3</sup> "Aburrían de la guerra hasta el nombre, ahora lo aprecian sobremanera". de Francesco Cognasso, Historia de Torino, p.217

### *La corona de las delicias*

En el siglo XVI la familia Saboya empezó a encargarse de la restauración de antiguos castillos y de la construcción de nuevas y suntuosas residencias. Torino se convierte en el centro de una intensa actividad de edificación que lleva, entre al 1500 y el 1700, a la construcción de edificios destinados a acoger a la familia real y a su corte. Importantes arquitectos como Amedeo y Carlo di Castellamonte, Filippo Juvarra, Guarino Guarini e Pelagio Pelagi se ocuparon de estos proyectos. Fue así que nació la "Corona de las delicias", un conjunto de edificios de prestigio erigidos alrededor de Torino. El nombre "Corona de las delicias" se debe al hecho de que la disposición de éstos nuevos palacios, semejaba una corona que recogía y unificaba la ciudad por todos sus lados. Torino se encontraba en el centro del sistema, la capital que resultaba coronada como centro del poder.

Dentro de la misma Torino, se compraron o construyeron cinco edificios; Palacio Real, Palacio Madama, Palacio Carignano, la Villa de la Reina y el Castillo del Valentino. En las afueras de la ciudad, surgieron la Reggia de Venaria Real, el Borgo Castillo en el Parque de la Mandira, el Castillo de Rivoli, el Palacete de caza de Stupinigi y el Castillo de Moncalieri. Además no hay que olvidar los palacios en la actual provincia de Cuneo: el Castillo Real de Racconigi y el Castillo de Pollenzo. En los extremos norte y sur fueron construidos respectivamente el Castillo de Aigliè y la Reggia de Valcasotto. Algunos de estos edificios fueron abandonados a partir del 1700, como la residencia de caza favorita de Emanuele Filiberto, el Regio Parco, que fue destruido en el 1706. Otros de estos edificios corrieron una mejor suerte: el mayor ejemplo es la Reggia de Venaria Real, que ha sido capaz de sobrevivir hasta hoy adaptándose a los cambios de gusto de las diferentes épocas y soportando incluso un bombardeo.

El entero sistema de residencias resultó, y todavía hoy resulta tan importante que en 1997 fue declarado por la Unesco "Patrimonio de la Humanidad".



Vista interna del Palacio Real



Lámina de la Villa de la Reina. Archivo histórico de la ciudad de Torino.

### 3.3. EL CASTILLO DEL VALENTINO

El Castillo del Valentino se erige en el homónimo Parque que se extiende a lo largo de la orilla izquierda del río Po a su paso por Torino. Símbolo de la ciudad, enlaza su historia con la de la familia Saboya. Aunque sus orígenes sean imprecisos se sabe que fue comprado por Emanuele Filiberto en 1564 y entró a formar parte del sistema de la "Corona de las delicias".

#### *La zona del "Valentinium"*

El origen del Castillo es incierto. Se piensa que el lugar donde surge fuera ya conocido y tal vez habitado en época romana. La zona fue siempre un punto estratégico porque permitía controlar la navegación del Po hasta Moncalieri.

El primer documento que habla de Valentinium data de 1275: se trata de una concesión de una licencia de pesca por parte del obispo Goffredo de Montanaro, en nombre de la ciudad de Torino, en beneficio de un tal Corrado Mazza en la que se afirma su derecho para esa actividad *"inter Valentinum et Pontem Padi"*<sup>4</sup>. Muchas otras citaciones se suceden en el tiempo, como por ejemplo el acto de venta del 31 de Diciembre del 1404 por parte de los hermanos Zucca de *"una pezza di prato di giornate 3 nelle fini di Torino, al Valentino, per il prezzo di fiorini 79.1"*<sup>5</sup>.

Hay otros autores que conectan su nombre a San Valentín. Dijo Casalis *"in detta regione fosse in gran venerazione S. Valentino, e che una chiesa sotto il titolo del santo medesimo sia stata distrutta per cedere il luogo alla fabbricazione del castello non sembra inverosimile"*<sup>6</sup>.

La veneración y el culto del Santo en esta zona de las orillas del Po parece un dato cierto, por lo que no se puede excluir la idea de que el nombre del Castillo estuviera conectado con el del Santo. También se cuenta, por tradición oral popular, que antiguamente en el Parque se hacía una fiesta en la que cada mujer llamaba Valentino a su propio caballero.

<sup>4</sup> Oreste Mattiolo, Cronistoria del Orto Botanico de la R. Università de Torino, Torino, 1929.

<sup>5</sup> "una parte de prado en Torino, en el Valentino, por el precio de florines 79.1" Archivo Histórico Comunal de Torino, Cat. 45, bloque 1, n.4: Casas y propiedades.

<sup>6</sup> "en esa región fuera en gran veneración S.Valentín y que una iglesia que llevaba su nombre fuera destruída para dejar lugar a la construccion del Castillo no parece inverosímil" Autores varios, El Castillo del Valentino, Sociedad Editrice Torinese, 1949.

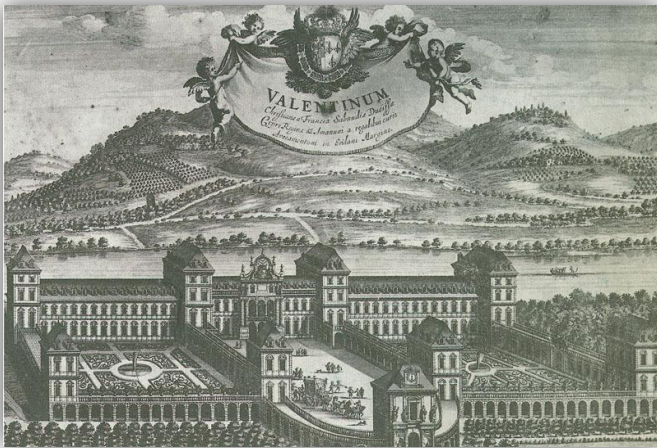
## LOS ORÍGENES Y LA CONSTRUCCIÓN DEL CASTILLO

*El lugar donde surge el Castillo no está cubierto por el mismo misterio que se encuentra cuando se intenta descubrir cuándo y por mano de quién fue construido. Si los documentos que hablan sobre la existencia de una zona llamada Valentinium se demuestran bastante claros, más inciertos son aquellos que hablan del período en el que el Castillo fue inicialmente construido y quien ordenó dicha construcción.*

Un antiguo texto describe un viaje de Emanuele Filiberto y su mujer hacia Vercelli en 1560. El estudioso Giuseppe Cambiano de'Signori de Ruffia recuerda que la pareja real se embarcó "... a Moncalieri nel mese di Novembre per andare a Vercelli, et di passaggio dismantarono al Valentino, palazzo fatto fabbricare alla riva del Po dal presidente Renato Birago"<sup>7</sup>. Renato Birago, gran canciller de Francia, llegó a Torino en 1543 y es plausible que hiciera construir el Castillo en esa época porque, como cuenta Giuseppe Cambiano, al Birago le encantaba habitar en las orillas de los rios. Esta teoría parece fracasar por un documento del Archivo de Estado de Torino con fecha 1564 que dice que la casa se encontraba en estado de abandono y decadencia. ¿Cómo era posible que un palacio de sólo 20 años se encontrara en tal malas condiciones? La respuesta es que el Birago en realidad no mandó construir el Castillo, sino que se limitó a comprarlo y mejorarlo un poco para vivir allí de forma ocasional. El edificio ya en esa época respetaba el tipo de residencia fluvial. La estructura surgía en una zona del terreno con pendiente hacia el Po y estaba dividida en cuatro niveles. El cuerpo principal de la estructura se limitaba sólo a la zona orientada hacia el río del actual Castillo. A éste elemento se conectaban en la zona norte un cuerpo transversal y en la zona sur una torre con escalera independiente.

El nombre del más antiguo dueño conocido del Castillo parece ser el de Melchiorre Borgarello. Aún así, no se sabe con seguridad si fue él quien construyó el Palacio. Su nombre aparece en el acta de venta<sup>8</sup> a Giovanni de Brosses por parte de Emanuele Filiberto: en el documento se

decreta la venta a favor de Giovanni de Brosses del Palacio y de todas las tierras que pertenecían antes a Melchiorre Borgarello.



Castillo del Valentino. G. T. Borgonio, *Theatrum Sabaudiae*. Archivo Histórico de Torino.

<sup>7</sup> "... en Moncalieri en el mes de Noviembre para ir a Vercelli y, de paso, se pararon en el Valentino, palacio hecho construir en las orillas del Po por Renato Birago". *Monumenta Historiae Patriae*, Tomus III, Scriptorum Torino, 1840.

<sup>8</sup> Archivo de Estado di Torino, Sección Cameral, Contratos: Registro número 13, Año 1565 en 77, hoja 5 y siguientes.



Después de Melchiorre Borgarello y del Birago la propiedad del Castillo pasa a Emanuele Filiberto. Es en 1564 cuando se concluye el acta de venta. El Palacio en ese período no tenía un gran valor económico por su estado decadente. Pero lo que interesaba al Duque era su potencialidad de esplendor, ya que era su deseo que Torino alcanzara la fama, el tamaño y la riqueza suficientes para competir con las mayores capitales de Europa. La adquisición fue al principio considerada como una posibilidad de enriquecer Torino con un edificio de distinción y prestigio, pero se convirtió en una mera operación comercial de compra-venta. El Duque había empezado la construcción de su Ciudadela también en 1564, y no estaba dispuesto a sacrificar mucho dinero para otros menesteres. Por lo tanto, el 28 de Diciembre de 1565, sólo un año después de haberlo comprado, el Castillo fue vendido a Giovanni de Brosses. En un momento de necesidad económica Emanuele decidió vender el Castillo, estableciendo comprarlo de nuevo más adelante. Ésto sucedió 12 años después, el 28 de Septiembre de 1577 cuando se concluyó la construcción de la Citadella. La propiedad vuelve así en manos del Duque.

Entre 1575 y 1580, a expensas de los cambios de propietario, vive en el Castillo Amedeo, marqués de San Ramberto, hijo ilegítimo de Emanuele Filiberto. Durante su estancia se encargan pinturas a Alessandro Ardente (1576) para decorar la actual Sala de las Columnas<sup>9</sup>. Emanuele Filiberto murió en 1580 y no tuvo por lo tanto bastante tiempo para aportar modificaciones al Palacio. No obstante, algunas fuentes dicen que algunos trabajos de la época, fueron planificados en colaboración con Andrea Palladio, como la realización de la loggia desde la que se podía disfrutar del espectáculo de los barcos en el río Po.

El Castillo fue recibido en herencia por el hijo Carlo Emanuele I que lo vendió a su suegro Filippo d'Este. Filippo intentó poner el edificio más al centro de la vida urbana de la ciudad a través de la valorización de la fachada hacia Torino. En 1583 ordenó la construcción de una avenida rectilínea (la "Gran Vía") que, partiendo desde el Castillo, lo conectaba con la Capilla de San Salvario<sup>10</sup>.

La propiedad volvió en manos de Carlo Emanuele I en 1586. En ocasión de su boda con Caterina de Austria se realizaron fiestas en las orillas del Po y las celebraciones siguieron también en el Castillo del Valentino. Los esposos habían decidido adueñarse otra vez del Palacio con la intención de mejorarlo. Hubo un cambio de estilo de los interiores del edificio y se propusieron modificaciones estructurales. En 1590 se construyó una puerta que conectaba la "Gra Vía" con el patio central del Castillo. En la misma época se construyeron una cámara frigorífica, unos establos para los caballos y el jardín privado de la Duquesa cuyos restos están hoy englobados en la muralla de los actuales subterráneos del cuerpo norte del Castillo.

<sup>9</sup> Actualmente las paredes son lisas pero recientes trabajos de restauración han llevado a descubrir residuos de frescos con motivos florales datados de 1578.

<sup>10</sup> La referencia a éste eje generado por la "Gran Vía" se ha mencionado ya en el capítulo del contexto actual, ya que es un eje todavía existente.

A partir de 1595, bajo la dirección de Ascanio Vitozzi, se efectuaron intervenciones en la fachada hacia Torino. El proyecto suponía la construcción de una logia porticada de dos alturas, de acceso a la Sala de las Columnas y al Salón de Honor desde el patio central. También se reconstruyó la cubierta con nuevas tejas.



Vista de la logia porticada hacia el patio central del Castillo.  
A. Angeli, Il reale castello del Valentino presso Torino

El siguiente pasaje de propiedad fue seguramente de los más significativos. El Castillo fue donado a Maria Cristina de Francia, esposa del Príncipe del Piamonte Vittorio Amedeo I. El edificio fue un regalo por su boda en 1620. En los años siguientes, del 1620 al 1660, el Palacio fue totalmente reestructurado y alcanzó su máximo esplendor. En 1637 Maria Cristina decidió convertir el Castillo en su residencia oficial.

No se conoce el estado en el que se encontraba el edificio cuando la Duquesa tomó posesión, aunque parece que el Castillo era un edificio bastante sencillo.

Después de haber efectuado todas las reformas, su aspecto resultaba totalmente revolucionario: *“Ma sopra tutto è di stupore il volgere gl'occhi al superbo Palazzo detto Valentino, raro per la varietà, l'ornamento mirabile, celebre per il magistero, in cui risplende la grandezza d'animo di Madama Reale oggi regnante, che l'ha da' fondamenti rifatto, e quale come solo nell'auge dispensando la fecondità della luce in opre più, ch'heroiche, l'ha reso quasi miracolo dell'arte à dispetto del tempo... Vi si scoprono superbe stanze con variegate figure, e pitture, tutte fornite di ricchissime suppellettili: vi si vedono giardini ricchi di infinita varietà di piante, d'antro, d'alee, e di prospettive, con tanto artificio distinte, che non permettono all'occhio umano altro giudizio, che concludente essere questa habitatione veramente Reale”<sup>11</sup>.*

Diferentes arquitectos trabajaron en su reconstrucción. Se citan posibles artífices como Antonio Bobba, Giovenale Boetto y un posible arquitecto traído por la misma Madama Real directamente desde Francia. La hipótesis más probable resulta todavía que las intervenciones fueron obra de los arquitectos Carlo de Castellamonte y de su hijo Amedeo. Los dos redibujaron totalmente la residencia, proponiendo un encuentro entre antiguo y nuevo: por un lado se reafirma el modelo de la imponentia del Castillo a la francesa con los tejados de gran pendiente, y por el otro, se propone la novedad de la elegancia del modelo de la villa italiana del 1600.

<sup>11</sup> Sobre todo es de gran impacto y maravilla levantar los ojos hacia el superbo Palacio llamado Valentino, raro por su variedad y por sus decoraciones ... que refleja el espíritu de Madama Real hoy reinante que lo renovó desde sus cimientos ... y que lo convirtió en un milagro del arte no obstante el paso del tiempo ... Hay magestuosas habitaciones con diferentes figuras y pinturas y muebles muy ricos.: se ven los jardines ricos de variedades de plantas y de perspectivas que no permiten al ojo humano otro juicio, que no concluya que esta habitación es de verdad Real”. “Corona Real de Saboya. Relación de la Provincia y Títulos que ostenta”, publicado por Monsignor Francesco Agostino Della Chiesa de'Conti di Cervignasco, 1655

El Palacio mantiene la característica monumentalidad francesa y propone a la vez un suavizado de la rigidez transalpina. Se llega así a una forma arquitectónica más ligera y elegante, caracterizada por la difusión de elementos como rampas y escalones. El modelo italiano propone en efecto estructuras que no deben ser únicamente ceremoniales, si no festivas y acogedoras. El ambiente resulta por lo tanto más "humano" y vivible y refleja la tranquilidad de la vida en las zonas rurales de las Cortes Italianas.



Palacio de Versailles, Francia



Castillo del Valentino

El Castillo del Valentino es un ejemplo de esta síntesis.

Los elementos franceses se reflejan, además de en los tejados con gran pendiente, en el conseguido intento de regularizar la planimetría general del edificio según el principio de la simetría. En el ámbito de éste intento de simetrización, una torre más antigua presente en la fachada hacia el Po, que en origen se encontraba en una posición sobresaliente respecto al perímetro del edificio, fue englobada en una torre más grande y se construyó otra idéntica simétrica en la misma fachada. El mismo principio fue propuesto otra vez en el proyecto de intervención para la fachada hacia Torino, con la construcción, en el 1645-1646, de dos alas o galerías simétricas perpendiculares a un cuerpo central que constituía la entrada principal al Castillo. En éste momento pasan a cobrar mayor importancia las fachadas orientadas hacia el patio del Castillo en detrimento de la fachada hacia el Po. En éste momento el Castillo de muestra en su imponentia hacia Torino en vez de respetar su configuración original como villa fluvial.



Fachada hacia Torino



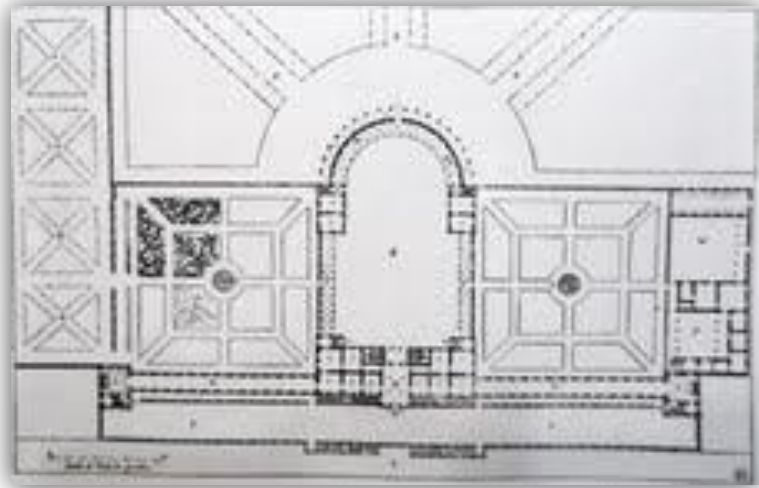
Fachada hacia el Po

La influencia italiana se aprecia en el carácter noble con sus formas elegantes y también en la construcción de la imponente escalinata exterior, que con su configuración de dobles rampas simétricas, permitía el acceso directo al río Po y al pequeño puerto privado de los duques, el famoso "Embarcadero Ducal".

Los documentos encontrados acerca de la reestructuración del Castillo son pocos e inciertos. Por lo tanto adquiere una importancia fundamental la planta del Palacio del siglo XVII descubierta y publicada por Luca Beltrami en el 1888.

Esa planta detallada, que se muestra a la derecha, puede no ser totalmente fiel al aspecto real del Castillo en aquella época, pero se considera bastante aproximada. De su lectura emergen los elementos previamente citados.

Beltrami Luca, Il Reale Castello del Valentino inalzato dalla Duchessa Maria Cristina di Savoia, Torino, 1888.



En la planta se aprecia el principio de simetría de las dos fachadas principales: en la fachada hacia el Po con las dos torres y la doble escalinata, mientras en la fachada hacia Torino, se pueden encontrar las dos alas o galerías simétricas a los lados del patio central. También aparecen en ésta planta dos galerías paralelas al Cuerpo Áulico a norte y a sur, de las que hoy n día sólo se tiene constancia de la construcción de una de ellas, el ala Chevalley, ubicada al sur. También queda constancia del elemento circular de cierre del patio interior, que hoy ya no existe.

Otro elemento fundamental del proyecto (hoy todavía existente) resulta ser la Sala de las Columns, que permite tener una imagen más clara de la simetría de la entera estructura. La sala resulta en efecto el cuerpo central a partir del cual se organizaron las nuevas construcciones y representa el elemento de unión entre la fachada hacia Torino y la fachada hacia el Po.

Tras la muerte de Maria Cristina de Francia el edificio fue destinado a los herederos de la dinastía de los Saboya, pasó de mano en mano y conoció al final la decadencia. Sus herederos prefirieron otras residencias en vez del Castillo del Valentino.

En el 1800 se decidió reutilizar algunas de las partes del Castillo para nuevos usos. El jardín de la Reina se estableció como jardín botánico, se ubicó allí la escuela de veterinaria y se usó

como sede para la Exposición de la industria y del sector artesano en 1811. A partir de 1859 hospedó la Real Escuela de Aplicación para ingenieros.

La estructura del siglo XVII se ve alterada en 1858 cuando el Ministro de las Finanzas, el Ing. Luigi Tona, y el arquitecto Domenico Ferri realizan un nuevo proyecto con la intención de devolver el esplendor a la fachada hacia Torino para la nueva Exposición Nacional.

Castillo del Valentino. D. Ferri e L. Tonta, Proyecto de ampliación y restauración, 1857-58.



Tomando como base el proyecto de Tonta y de Ferri se harán después nuevas modificaciones, visibles en el plano catastral bajo éstas líneas.



Ampliación del área que comprende el Valentino, plano catastral de Torino del Catastro Rabbini de 1866, guardado en la sala de los mapas en la sección Riunite del Archivo de Estado de la ciudad de Torino.

A nivel estructural se demuele la entrada semicircular y se amplían las dos galerías laterales hacia Torino. En el plano queda constancia de que dicha ampliación se estaba realizando en aquella época, ya que el sombreado indica que se trata de elementos en construcción.

A nivel decorativo se realizaron numerosas intervenciones como la reconstrucción del blasón de la fachada principal hacia

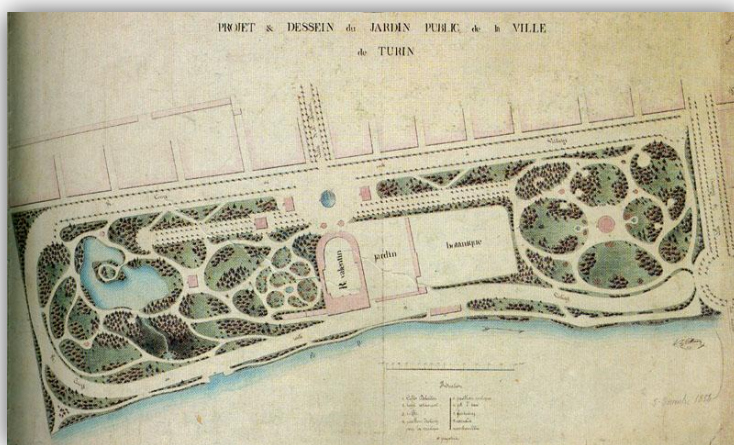
Torino y el enriquecimiento ornamental con estucos y decoración de las cornisas de las ventanas.

En 1906, después de la unión de la Real Escuela de Aplicación para ingenieros con el Real Museo Industrial de Torino, nació el Politecnico. El Castillo se convirtió en sede oficial de la Universidad, y en particular modo de la facultad de Arquitectura.

En ésta época también se realizaron nuevas intervenciones, pero en éste caso, sólo de carácter conservativo, ya que pretendían asegurar el buen estado del Castillo y su preservación para el futuro en su estado original.

En 1929, a causa de la acción corrosiva de las aguas subterráneas, se decidió realizar un recalce de las cimentaciones. En 1961, en ocasión de Italia 61, la Exposición Internacional del Trabajo, se realizaron intervenciones bajo la dirección del arquitecto U. Chierici: se reconstruyó el tejado a imagen del original utilizando las mismas técnicas y materiales constructivos y se restauraron las zonas en ladrillo visto más afectadas de la fachada hacia el Po. En los años siguientes se suceden nuevas intervenciones conservativas hasta el día de hoy y otras de revalorización de la zona del parque para dar un mayor aprovechamiento del monumento.

En en siglo XIX comienzan los trabajos de recalificación de la zona del Castillo con la idea de crear un verdadero parque alrededor de la estructura. En 1856 el parque del Valentino se abrió al público, y con sus 421.000 m<sup>2</sup> representa hoy la zona verde más importante del centro de Torino. El proyecto del parque fue obra del paisajista francés



Castillo del Valentino. P. B. Kettmann, Propuesta para un concurso de parque público en los terrenos pertenecientes al estado en el Valentino, 1854. Planimetría.

Jean-Pierre Barrillet-Dechamps que organizó el área en colinas, senderos, fuentes y zonas boscosas. En el mismo siglo el parque hospedó todas las principales exposiciones torineses: en ocasión de la de 1884 fue construido el Burgo Medieval, la exacta reproducción de un hipotético castillo feudal del siglo XIV con su pueblo. De principios a mitad del siglo XX, la zona acogía también competiciones de coches. En 1961, en ocasión de los 100 años de la Unidad de Italia se construyó el jardín de las rocas: un área de 12.000 m<sup>2</sup> dentro del parque fue convertida por Giuseppe Ratti en un característico jardín rocoso con cueva y cascada. En los últimos años se ha regularizado la presencia de cafeterías y kioskos en la zona del parque.

No obstante la controversia en su historia y su estado de descuido que lo llevó a la degradación durante el siglo XVIII, el Castillo consiguió aprovecharse de la situación. Si se excluyen los daños causados por la humedad a algunos frescos, hay que reconocer que el estado de desolación en el que se dejó la estructura ha contribuido a preservar hasta hoy su patrimonio decorativo.

### 3.4. LA ESCALINATA DEL CASTILLO DEL VALENTINO

Basta con imaginar a los Duques bajar por la escalinata monumental y dirigirse al pequeño embarcadero privado para comprender la importancia de dicho acceso. Las rampas y escalinatas se difunden en Italia en el siglo XVII, de acuerdo con la tendencia europea de la época. Si por un lado funcionan como elemento de distinción y majestuosidad, por el otro otorgan a los edificios una atmósfera más privada. Es el caso de la escalinata del Valentino, construida hacia el Po permitía un acceso directo a palacio desde el embarcadero, lejos de la zona de recepción que, en la mayoría de casos era el patio de la parte orientada hacia Torino. A su vez, en ocasiones la escalinata se convierte en el acceso principal para recibir a los huéspedes, siendo un elemento de sorpresa y distinción para los invitados el acceso desde el río.

Fueron construidas durante la renovación ordenada por Maria Cristina de Francia y parece que en origen fueron pensadas en dos bloques distintos. El primero, que se conserva hasta hoy, formado por dos rampas de escalera que conectan el Palacio con la calle Virgilio, dónde originalmente había un primer nivel de jardines. El segundo bloque, que hoy es solo una hipótesis, conectaba dicho nivel de jardines con la orilla del Po y terminaba en el embarcadero Real.

No se sabe de forma cierta qué forma habría podido tener éste segundo bloque, pero existen dos teorías principales:

- 1) De acuerdo con la primera teoría estaba formado por otras dos rampas de escalera, que bajaban hacia el Po en el sentido opuesto que las del primer bloque.
- 2) En relación con la segunda teoría estaba formado por una doble escalinata con cuatro rampas de escaleras y que se puede ver en la ilustración de la derecha.

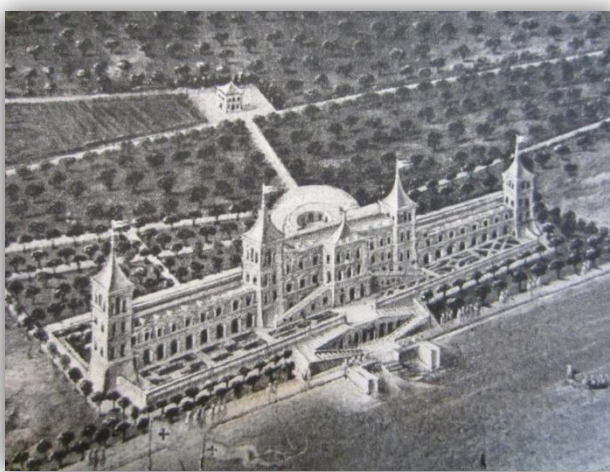


Ilustración de portada del libro de Beltrami Luca, *Il Reale Castello del Valentino inalzato dalla Duchessa Maria Cristina di Savoia*, Torino, 1888.

Desde la época de Maria Cristina desde el pequeño embarcadero zarpaban y atracaban barcos que navegaban el río y que transportaban a los miembros de la alta sociedad. Tal costumbre siguió en el tiempo de modo que, en 1731, Carlo Emanuele III de Saboya mandó construir una barca llamada "Peota Saboya" o "Bucintoro del Po".

El nombre deriva de la típica estructura de las barcas de Venecia con fondo plano, dotadas de un rico aparato decorativo. Encargada a Venecia, fue realizada en Burano por los artesanos locales guiados por Matteo Calderoni y fue transportado contra corriente por el río Po hasta el Castillo del Valentino. La barca media dieciséis metros y tenía una cabina central.



"Peota Real". Ha sido recientemente expuesta al público en la Regia de Venaria Real.

La decoración, recubierta en gran parte de su extensión por un estrato dorado, fue obra de Filippo de Juvarra. En proa se encuentran alegorías al Po y a Adige, en popa dos caballos marinos y un dragón.

La peota real ha llegado hasta hoy en casi perfecto estado. Se ha convertido en el único ejemplar de "bucintoro" que ha sobrevivido y representa un modelo de referencia para éste tipo de embarcación. Si hermana mayor, el "Bucintoro Ducal" de Venecia, construido en 1729, fue destruido y quemado para recuperar las láminas de oro.

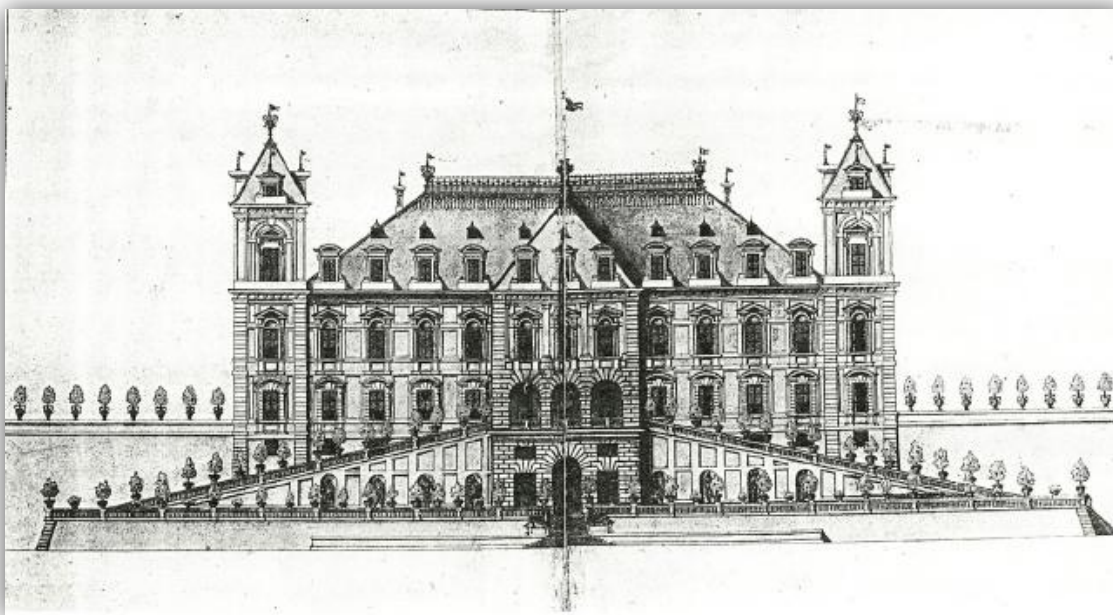


### 3.5. HIPOTESIS GRÁFICA DEL ESTADO ORIGINAL DE LA ESCALINATA

Se ha decidido realizar una hipótesis gráfica, a través bocetos, de cual fuera el estado original de la escalinata monumental hacia el Po con la intención de reconstruir cómo fue realmente concebido. El resultado refleja la imagen de esplendor de Torino en la época de los Saboya.

En el proceso de reconstrucción se han tenido en cuenta los dibujos que forman parte de las láminas del *Theatrum Sabaudiae*, dónde se muestra un proyecto de ampliación del Castillo, que no fue completado en su totalidad. El hecho de que algunos proyectos realizados para el Castillo no fueran nunca llevados a la práctica puede deberse al transcurrir de la historia, que llevó en desuso algunas residencias de los Saboya y en consecuencia, a continuos cambios de la estructura del Castillo por adaptación a nuevos usos o nuevos propietarios. Ésta es la razón de encontrar proyectos sin realizar o realizados solo parcialmente. Por ejemplo, basta comparar las dos fachadas principales del Castillo, aquella orientada hacia Torino ha sido revestida y enriquecida con estucos y decoraciones, mientras la fachada hacia el Po, mantiene su aspecto en ladrillo visto. Se podría pensar que también fue pensado un acabado revestido para la fachada Po, pero que por diversos motivos no fuera realizado.

Las láminas encontradas, a pesar de no reflejar exactamente el edificio actual, parecen tener ciertas similitudes desde el punto de vista constructivo por lo que respecta a la escalinata. Por lo tanto, resultan útiles para hipotizar cual fue el estado original de la ornamentación que se planificó para ésta.

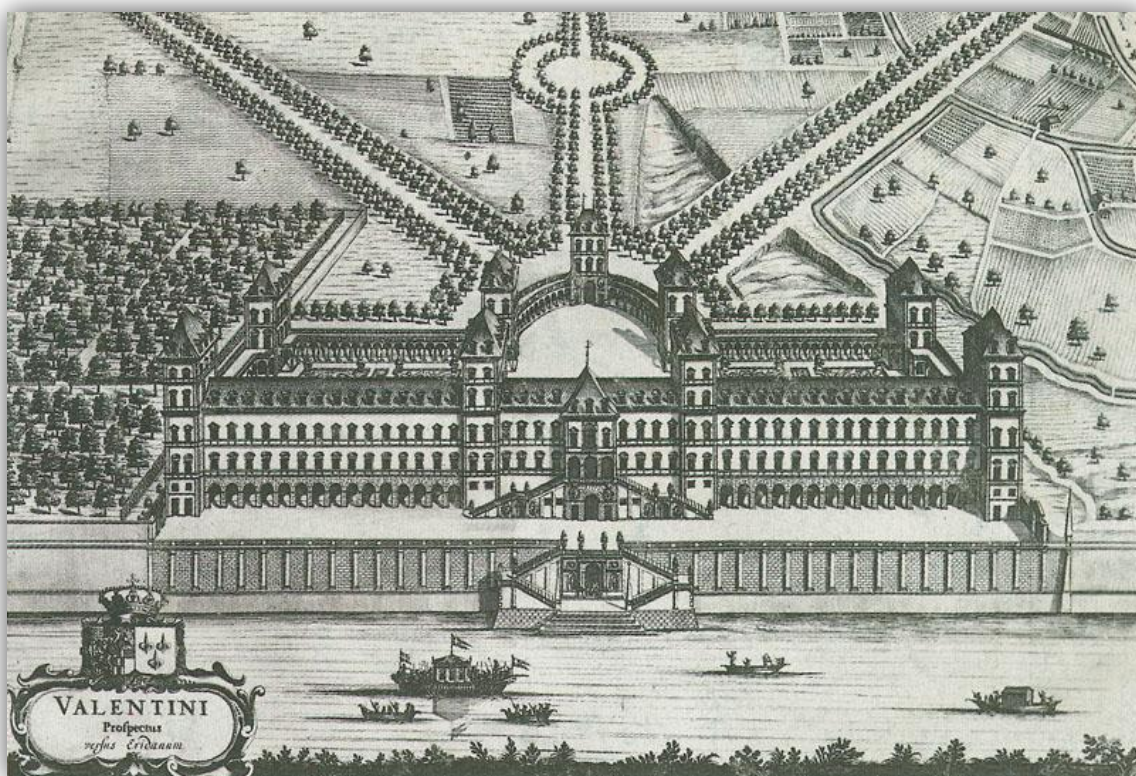


Carlo di Castellamonte (o escuela), primera hipótesis no realizada de ampliación de la villa fluvial del siglo XVI, fachada hacia el Po. Biblioteca Nacional de Torino, *Manoscritti e rari*, q. I 65, fol. 77.

Se puede deducir que los nichos todavía existentes en la fachada de la escalinata fueron ideados para colocar estatuas en ellos, como se puede ver en las láminas de Castellamonte. Además, en 1574 existía ya una colección de los Saboya de estatuas antiguas que incluía 24

bustos imperiales, comprados por Emanuele Filiberto a Roma. En los documentos encontrados de la época consta que una gran parte de ésta colección se destinó a la decoración del Castillo.

En el libro "Il Castello del Valentino" de Constanza Rogero Bardelli, se afirma que "seis bustos imperiales de la colección se destinaron a los nichos construidos para tal función, en la fachada de la escalinata hacia el Po", pero aún así no se puede saber con exactitud si las estatuas fueron realmente colocadas ya que no se ha encontrado ningún documento que lo confirme, más allá de las láminas gráficas. En el registro de contabilidad del Castillo de aquella época, se encuentra a menudo incongruencias entre las distintas voces referentes a la decoración. Por lo tanto la presencia de las estatuas permanece como una hipótesis.



Valentini prospectus versus Eridanum, proyecto de Amedeo di Castellamonte en la escenografía del territorio, "Theatrum Sabaudiae", 1682.

De los dibujos de Castellamonte se puede deducir que sobre los pedestales intermedios de las barandillas de mármol, hubiese o se hubieran proyectado, macetas de flores de carácter ornamental.

Ésta hipótesis queda respaldada con la comparación de dos barandillas diferentes de la Torino de los Saboya. La del castillo del Valentino y la barandilla de la doble escalinata que envuelve la fuente principal de la Villa de la Reina.

Por una parte, la barandilla del Castillo del Valentino presenta planos horizontales en la zona superior de los pedestales, mientras el de la Villa de la Reina aparece inclinado en su totalidad y

no presenta alguna pausa horizontal lo suficientemente estable para sostener macetas florales.

Por lo tanto, existen indicios que llevan a pensar que la decoración de la escalinata monumental del Castillo del Valentino fue bastante rica.



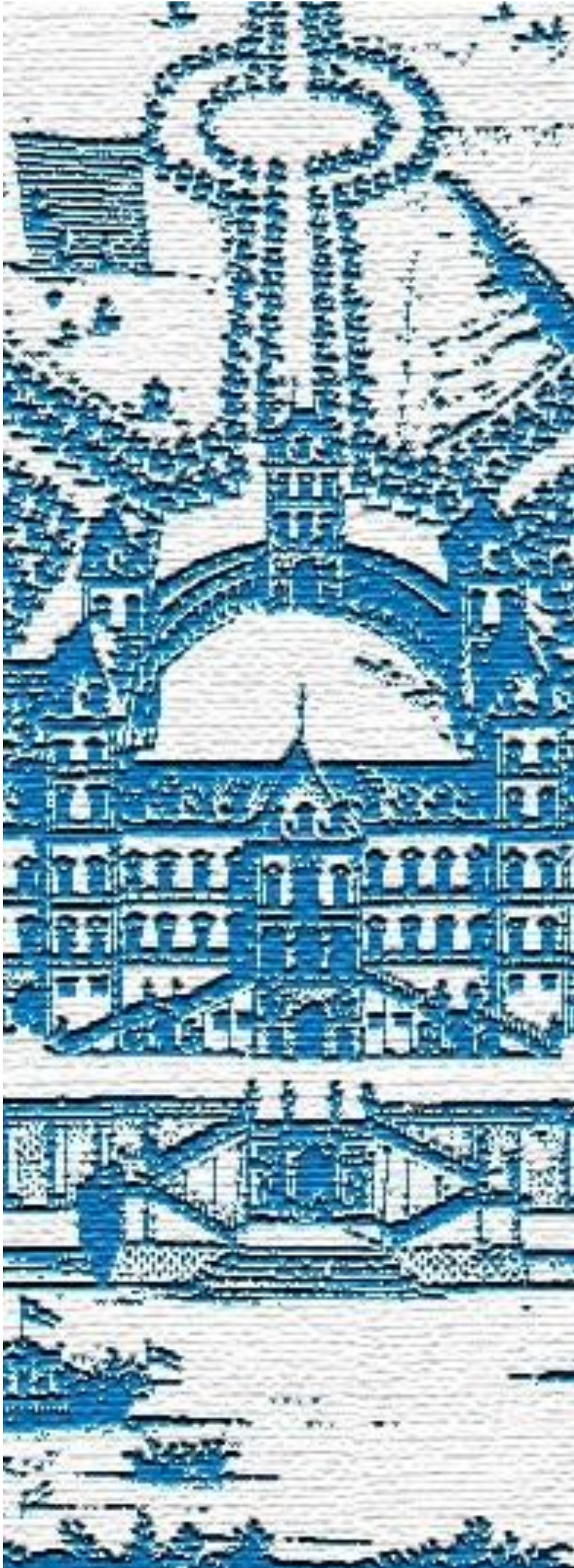
Detalle de la barandilla alrededor de la fuente de la Villa de la Reina.



Detalle barandilla del Castillo del Valentino.

En el Anexo 03 se presentan varios dibujos a modo de boceto, realizados por mí, sobre la hipótesis del estado original de la escalinata. Los dibujos se basan en las consideraciones previamente citadas y son fruto de mi libre interpretación.





#### 4. CRONOLOGÍA



#### 4. CRONOLOGÍA DE ACTUACIONES

En éste capítulo se presentan unas tablas, a modo de resumen, de los trabajos de transformación o intervención más importantes realizados en el Castillo del Valentino.

Las tablas que se refieren a épocas más antiguas (del 1500 al 1600) asocian el nombre de los propietarios del Castillo a las transformaciones que ellos realizaron. De éste período no se han encontrado referencias relativas a posibles trabajos realizados en la escalinata y por lo tanto se citan las intervenciones en todo el Castillo.

Las tablas referidas a una época más reciente (de 1800 al 2000 aprox.) especifican el nombre de las empresas que realizaron los trabajos, pero sólo se citan aquellos realizados en la fachada hacia el río Po y se incluyen aquellos trabajos de rehabilitación efectuados en la escalinata monumental objeto del presente estudio.

Se ha querido aportar una lámina encontrado en el Laboratorio de Cartografía del Castillo que se incluye en una publicación de Constanza Rogero Bardelli<sup>1</sup>. Ésta lámina pretende resumir las fechas de construcción o transformación de las distintas partes del Castillo.

##### RESUMEN DE LOS ACONTECIMIENTOS HISTÓRICOS / ARQUITECTÓNICOS DEL CASTILLO DESDE SU ORIGEN HASTA EL 1600

PROPIETARIO	FECHAS SIGNIFICATIVAS Y TRABAJOS
Melchiorre Borgarello	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es el propietario conocido más antiguo: su nombre aparece en el acta de venta del Castillo por parte de Emanuele Filiberto a Giovanni de Brossess (datado en 1565) donde se menciona como primer propietario.</li> </ul>
Birago	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propietario del Castillo alrededor del 1545.</li> <li>- Estructura Castillo: edificio dotado de un cuerpo central con vistas al Po, conectado al norte con otro cuerpo transversal y al sur con una torre con escalera independiente.</li> </ul>
Emanuele Filiberto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compra el Castillo en 1564</li> <li>- Vende el Castillo en 1565 a Giovanni de Brosses</li> <li>- Vuelve a comprar el Castillo en 1577</li> <li>- 1578: decoración de la Sala de las Columnas</li> <li>- Colaboración de Andrea Palladio en la reestructuración</li> <li>- Hipótesis de la presencia de unos soportales hacia el Po.</li> </ul>
Filippo d'Este	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compra el Castillo en 1580 a Carlo Emanuele I (éste lo había heredado de Emanuele Filiberto).</li> <li>- En 1583 construye la "Gran Vía" entre el Castillo y la iglesia de San Salvario</li> </ul>

<sup>1</sup> Il Valentino: Sintesi storica e metodologia per il progetto, CELID, 1986, Torino. Constanza Roggero Bardelli e autori vari.

PROPIETARIO	FECHAS SIGNIFICATIVAS Y TRABAJOS
Carlo Emanuele I	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hereda el Castillo en 1580 y lo cede inmediatamente a Filippo d'Este. Posteriormente lo compra de nuevo.</li> <li>- En 1590 construcción de una puerta monumental entre la "Gran Vía" y el patio del Castillo, una estancia nevera, establos, cuadras y un jardín privado para la Duquesa.</li> <li>- Entre 1595 y el inicio de 1600: trabajos de transformación de la fachada hacia Torino dirigidos por Ascanio Vitozzi:               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Construcción de un cuerpo con soportales</li> <li>o Reconstrucción de la cubierta con tejas</li> <li>o Creación de una acequia para abastecer fuentes</li> </ul> </li> </ul>
Maria Cristina di Francia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En 1620 recibe el Castillo como regalo de bodas</li> <li>- En 1637 se convierte en su residencia oficial</li> <li>- Años 1620-1680: completa reestructuración. Periodo de máximo esplendor del Castillo.</li> </ul> <p>REESTRUCTURACIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dirigida por Carlo y Amedeo Castellamonte</li> <li>- Fusión entre el modelo francés (imponencia y magestuosidad) con el modelo italiano de villa del siglo XVIII de líneas más discretas.</li> <li>- Realización de nuevos tejados con pendiente elevada</li> <li>- Geometrización y simetrización de toda la estructura</li> </ul> <p>FACHADA HACIA EL PO: Incorporación de una torre que se encontraba en ésta fachada (posición que sobresalía del perímetro del edificio) en una torre más grande. A continuación, se construye una torre simétrica en el norte de la misma fachada.</p> <p>FACHADA HACIA TORINO: entre 1645 y 1646 se configura el sistema a pabellón. Se construyen dos pabellones o alas simétricas que parten de un pabellón central.</p> <p>SALA DE LAS COLUMNAS: se convierte en la piedra angular del principio de simetría de toda la estructura. De hecho, actúa como enlace entre las dos partes. En la fachada hacia el Po propone la construcción de la escalera monumental que da acceso al río.</p>
Después de la muerte de Maria Cristina	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con la muerte de Maria Cristina (1680) el Castello cae en desuso hasta el 1800</li> </ul>



RESUMEN DE LOS ACONTECIMIENTOS HISTÓRICOS / ARQUITECTÓNICOS DEL  
CASTILLO ENTRE 1800 Y 1900

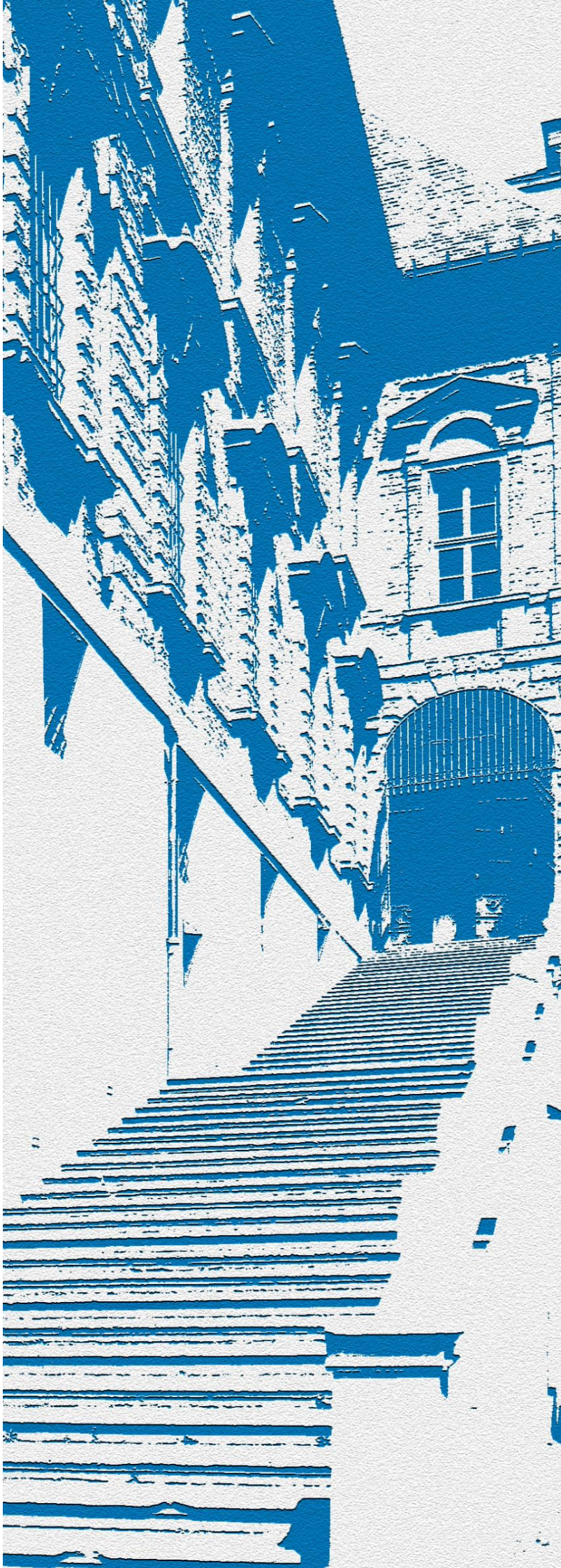
EPOCA	FECHAS SIGNIFICATIVAS Y TRABAJOS
1858	- Reconstrucción de la fachada hacia Torino del Castillo. El Ministro de Hacienda, Ing. Tonta y el arquitecto Ferri logran un cambio de configuración de toda la fachada.
1860-1900	- Demolición del ingreso circular y ampliación de las galerías laterales perpendiculares al edificio principal. Desde el punto de vista decorativo se realiza un nuevo escudo de armas presente en la fachada y ésta se enriquece con cornisas de estuco.
1800/1900 <i>Entre 1800 y 1900 se recalifica la zona del Castillo con la creación del Parque del Valentino</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1856: apertura al público del Parque del Valentino</li> <li>- 1884: construcción del <i>Borgo Medievale</i> (en ocasión de la Exposición de aquel año).</li> <li>- 1961: Giuseppe Ratti realiza el Jardín Rocoso en el parque (en ocasión del centenario de la Unidad de Italia)</li> <li>- 1990-2013 c.a : regulación de los quioscos del parque</li> </ul>

USO DE LOS LOCALES DEL CASTILLO ENTRE 1800 Y 1900

EPOCA	USOS
1811	Jardín Botánico y Escuela de Veterinaria como sede de la Exposición de la Industria y de la Artesanía
1859	Sede de la Real Escuela de Ingenieros
1906	A partir de esta fecha, el Castillo de Valentino se convirtió en la sede de la Facultad de Arquitectura del Politécnico di Torino

TABLA SINTÉTICA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS A PARTIR DEL 1900 EN LA FACHADA HACIA EL PO

AÑO	TRABAJOS	RESPONSABLES
1925	Rehabilitación de la fachada	(documentos no encontrados)
1929-31	Consolidación de los cimientos de la fachada debido a la acción erosiva del agua.	(documentos no encontrados)
1960-61	Rehabilitación del Castillo de Valentino con motivo del primer centenario de la unificación de Italia. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reparación de la fachada</li> <li>- Eliminación de las losas de piedra deterioradas en la escalinata monumental</li> </ul>	Superintendente: Prof. Arq. Umberto Chierici Proyectista y director de obra: Arq. Giorgio Lambrocco
1978 – 80	Rehabilitación del cuerpo central y de las torres hacia el Po <ul style="list-style-type: none"> <li>- Retirada del estrato de enlucido presente en la parte norte de la fachada Po.</li> <li>- Limpieza de las partes no enlucidas.</li> <li>- Limpieza elementos de piedra con chorro de arena</li> <li>- Retirada y reconstrucción de los enlucidos de la fachada basamental de la escalinata</li> </ul>	Proyecto ejecutivo: Arq. Luigi Pratesi Empresa: EDILCAR s.n.c., Torino
1987 – 91	Rehabilitación de la cubierta y de las fachadas de las torres	Proyecto ejecutivo: Arq. Sergio Jaretti Empresa: Zoppoli & Pulcher S.p.A. Costruzioni Generali, Torino
2000-01	Proyecto de adecuación de la "Sala de las Columnas" a sale expositiva permanente. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rehabilitación completa de la escalinata</li> <li>- Consolidación de la estructura bajo las rampas de escalera: vaciado del terreno y realización de una nueva estructura portante en hormigón armado, retirada de elementos deteriorados e integración de superficies.</li> <li>- Restauración de la balaustrada</li> <li>- Retirada y restauración de los enlucidos</li> </ul>	Proyecto ejecutivo y dirección de obra: Arq. Corrado Colombo Empresa: Carlo Gaviglio e Figli Responsable procedimiento (RUP): Arq. Alessandro Bianco
2003-04	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza del paramento de ladrillo e integración de nuevas piezas cerámicas donde fuera necesario</li> <li>- Escarificación de las juntas cementicias y reintegración</li> <li>- Pintura de elementos enlucidos</li> <li>- Reconstrucción de los alféizares a través de la inserción de nuevos elementos de ladrillo</li> <li>- Restauración de las barandillas de piedra de la "Sala de las Columnas"</li> </ul> <p>Variación del contrato con obras en curso: pintura de zonas enlucidas y limpieza de elementos petreos de la escalinata</p>	Proyecto: Arq. Cristina Soldati Empresa: Edil Altellana s.r.l. Responsable procedimiento y dirección de obra: Arq. Alessandro Bianco



## 5. VISITAS E INSPECCIONES



## 5. VISITAS E INSPECCIONES

*Durante el desarrollo del proyecto se han realizado diversas vistas de inspección y de reconocimiento de la escalinata. De éste modo, ha sido posible adquirir un conocimiento en profundidad de los problemas que le afectan y que resultará de gran utilidad para elaborar la propuesta de intervención.*

### 5.1. DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

Las visitas se han realizado tanto en el exterior como en las estancias bajo la escalera y en el resto del sótano del Castillo.

Se han intentado identificar los materiales, las técnicas constructivas y los problemas surgidos, que serán analizados en mayor profundidad en capítulos sucesivos.

La entrada a la zona bajo la rampa sur se encuentra en el Departamento de Infraestructuras, accesible desde el patio del Castillo. Desde unas escaleras internas al departamento se accede a la planta sótano donde se accede a una habitación / taller y posteriormente a la zona bajo la rampa. A la zona bajo la rampa norte se accede a través de una una trampilla pequeña, dejada para acceso de técnicos que se encuentra dentro del actual Laboratorio de Fotografía.

Las inspecciones se han documentado con una serie de fotografías, que se han clasificado según las definiciones de Giovanni Carbonara<sup>1</sup>, como fotografías arquitectónicas y fotografías de servicio.

#### Fotografías arquitectónicas

Las fotografías arquitectónicas proporcionan un conocimiento general del objeto de estudio y del contexto en el que se encuentra. Su objetivo es estudiar el monumento desde el punto de vista del método histórico-crítico, en un intento de captar las características figurativas y espaciales. Los puntos de toma de las fotografías varían en función del objeto a analizar (frontal o lateral), pero siempre son accesibles y a menudo a nivel de los ojos.

#### Fotografías de servicio

Estas fotografías proporcionan información de tipo técnico, aunque sólo de características visibles. Dan una visión analítica de los particulares constructivos. Su orientación siempre es perpendicular a la fachada de edificio y generalmente se toman en vertical para evitar deformaciones, aunque las tomas a gran distancia también se realizan en horizontal.

En el análisis de la escalinata las fotografías de servicio se han utilizado para su rectificación fotogramétrica con la intención de representar gráficamente las patologías en un modo preciso (capítulo 11).

---

<sup>1</sup> Definiciones obtenidas de *Restauro dei Monumenti: Guida agli elaborati grafici*, Liguori Editore, 1990, Napoli

En las láminas del Anexo 04 se encuentran tanto las fotografías de servicio de la fachada basamental de la escalinata desde la calle Virgilio, como las fotografías arquitectónicas de los deferentes espacios, internos y externos. Se ha querido incluir en éste recorrido fotográfico las estancias anexas del sótano del Castillo que son el acceso a la zona bajo las rampas de escalera. En las láminas se indica el punto de disparo en planta de cada fotografía.

*Nomenclatura de las fotografías:*

*Fotografías de servicio*

SG. Fotografías de servicio generales

*Fotografías arquitectónicas*

AG. Generales del exterior de la escalinata

AI. Sótano del Castillo (*Interrato*)

AS. Zona bajo rampa sur

AN. Zona bajo rampa norte

AD. Fotografías de detalle

*Ejemplos*

SG.01, SG.02....



## 6. LEVANTAMIENTO GRÁFICO





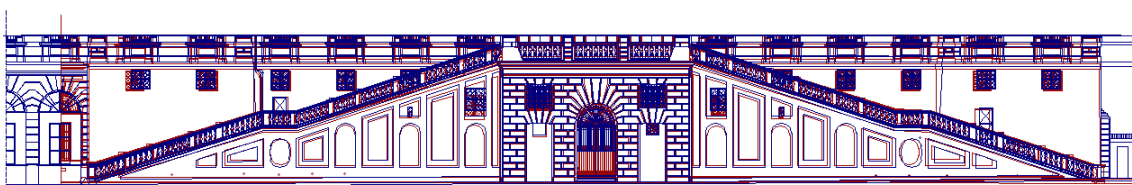
## 6. LEVANTAMIENTO GRÁFICO

### 6.1. REFERENCIA A LOS LEVANTAMIENTOS GRÁFICOS

El Area EDILOG, departamento en el que se han realizado las prácticas, ha facilitado dos levantamientos gráficos, que comprenden alzado, planta y sección de la escalinata, para la realización de éste proyecto.

### 6.2. PROBLEMAS CON LOS LEVANTAMIENTOS DADOS

Los documentos resultan incoherentes entre ellos. Las incongruencias emergen cuando se comparan los dos levantamientos a través de la superposición de plantas y alzados. Se ha constatado que existe cierta similitud en lo que respecta al Cuerpo emergente central. Las otras partes resultan desfasadas entre ellas, ya sea por la colocación de las ventanas que por la situación de los pasamanos y los nichos de la fachada basamental. No obstante existan partes que coincidan se encuentra una imprecisión general.



Sobreposición

Con la intención de verificar en un modo más preciso la correctez, se han realizado algunas comprobaciones.

### 6.3. COMPROBACIONES

En la primera comprobación se han analizado los levantamientos gráficos por separado y se han buscado en cada uno de ellos las correspondencias entre planta alzado y sección. El resultado ha sido negativo, ya que se ha verificado un desplazamiento de elementos que no se corresponden con otras vistas.

La segunda comprobación ha consistido en la toma de medidas "in situ". Se esperaba de éste modo, poder determinar que uno de los dos levantamientos gráficos estaba correctamente realizado, pero no ha sido así. Ninguno de los dos levantamientos ha resultado totalmente coherente con las mediciones realizadas. En el caso de un levantamiento, se ha encontrado más acercamiento en la posición de la balaustrada y los elementos de la fachada basamental y en el caso del otro, resultaban bastante fieles las medidas de la planta, pero no aquellas de alzado o sección. De ésta comprobación han surgido desviaciones que llegan hasta 10 cm entre la posición de elementos en sección y planta.

Algunos de los errores detectados más destacados son:

- Falta de correspondencia entre planta y alzado de ambos levantamientos por lo que se refiere a la posición de los pedestales de la balaustrada.
- Posición incorrecta de dichos pedestales respecto a la realidad, tanto en planta como en alzado.
- Pendientes de pasamanos incorrectas.
- Incoherencia entre alzado hacia el Po y la sección principal.
- Diferencias de dimensión y posición de los peldaños entre plantas y secciones en ambos levantamientos.

#### **6.4 REALIZACIÓN DE UN NUEVO LEVANTAMIENTO GRÁFICO**

Tras haber identificado éstos graves errores se ha decidido realizar un nuevo levantamiento gráfico para éste proyecto. Basándome en los dos levantamientos a mi disposición, he procedido a eliminar los errores e incoherencias que he encontrado.

Para evitar en la medida de lo posible el error de los elementos de medida, se ha utilizado un medidor láser, un metro flexible de 50 metros, otro metálico de 5 metros y un nivel de burbuja.

Debido a que los dispositivos y herramientas de medida a disposición no son totalmente adecuados para una medición perfecta se ha decidido dar mayor importancia a la coherencia y correspondencia entre vistas que a la exacta posición de los elementos. Será por lo tanto posible, encontrar diferencias entre el dibujo y la realidad, y en mayor grado en lo referido a las cotas de los peldaños. La solicitud de un nivel electrónico para la realización de estas mediciones y otras comprobaciones no ha sido atendida por falta de disponibilidad y por lo tanto se ha realizado lo mejor posible dentro de las posibilidades.



## 7. DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA



## 7. DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA

*El Castillo de Valentino es actualmente la sede de la Facultad de Arquitectura del Politecnico di Torino y sus diversas estancias han sido adaptadas a nuevas destinaciones de uso como oficinas de administración, despachos, aulas, laboratorios y archivos.*

Consta de un cuerpo central con dos alas simétricas que se extienden hacia el oeste (ONO), y que son tendencialmente paralelas al eje que crea la Avenida Marconi, que ya se ha mencionado en el capítulo 2. En el espacio entre las dos alas existe un magestuoso patio central. El Castillo tiene otra ala, de construcción más reciente, en el siglo XIX, conocida como el ala "Chevalley" que se erige de forma perpendicular a las dos anteriores alas simétricas, de modo paralelo al río Po. Esta última ala no tiene su ala simétrica correspondiente al norte del cuerpo central, donde en su lugar, se encuentra el muro perimetral del Jardín Botánico.

El acceso principal al edificio se realiza desde la calle Pier Andrea Mattioli, al noroeste (ONO) del Castillo.

A continuación se realiza un breve descripción de las estancias del Castillo, agrupadas por niveles, tomando como referencia de cota 0,00 m la planta Baja a nivel de la Calle Virgilio, es decir, a nivel de la Sala de las Columnas y del Patio interno.

La base de las plantas en la que se apoya esta descripción arquitectónica han sido tomados de una colección de láminas llamadas: "*Studio progettuale per un intervento edilizio organico relativo alla sede del Castello del Valentino*" realizadas en 1985 por Constanza Rogero Bardelli y otros autores y que se encuentran actualmente a disposición para su consulta o reproducción en el Laboratorio de Cartografía Histórica del Castillo del Valentino. En el Anexo 02 se encuentran todas las plantas y alzados del Castillo.

### **Sótano. Cotas entre -4,50 y -8,10 m**

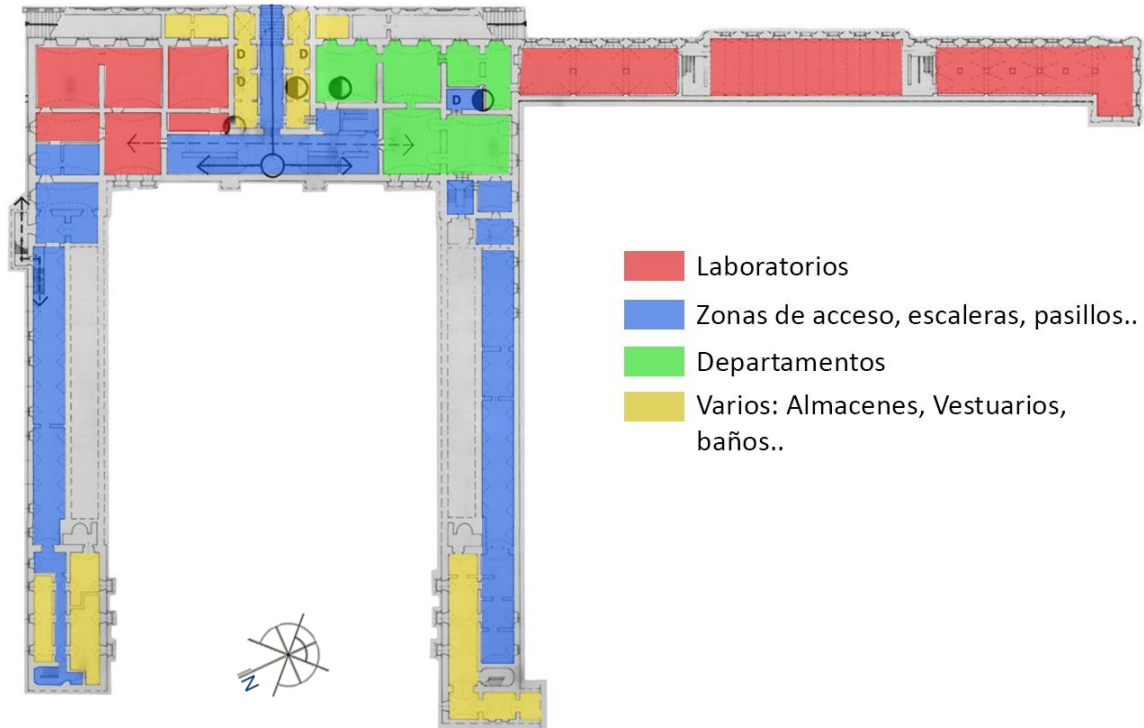
Los niveles del sótano son variables ya que el Castillo fue construido en una zona con una pendiente muy acentuada hacia el río y por lo tanto, sus estancias enterradas se adaptan a dicha pendiente.

Las zonas pertenecientes a las alas paralelas hacia torino, funcionan unicamente como pasillos de comunicación subterránea entre la parte más cercana a la calle Virgilio y la planta sótano del cuerpo áulico.

En dicho cuerpo áulico, como se ve en el esquema de la página siguiente, en la parte que se encuentra a la izquierda del eje central se encuentran varios laboratorios, entre ellos el de Fotografía y el de Color. En el mismo cuerpo áulico, pero a la derecha del eje central, se

encuentran algunas dependencias del Departamento de Infraestructuras, que actualmente cumplen la función de almacenes y de archivos.

La planta sótano del ala Chevalley está íntegramente dedicada a Laboratorios, como el de Análisis y representaciones territoriales, con su correspondiente biblioteca y archivo propio.

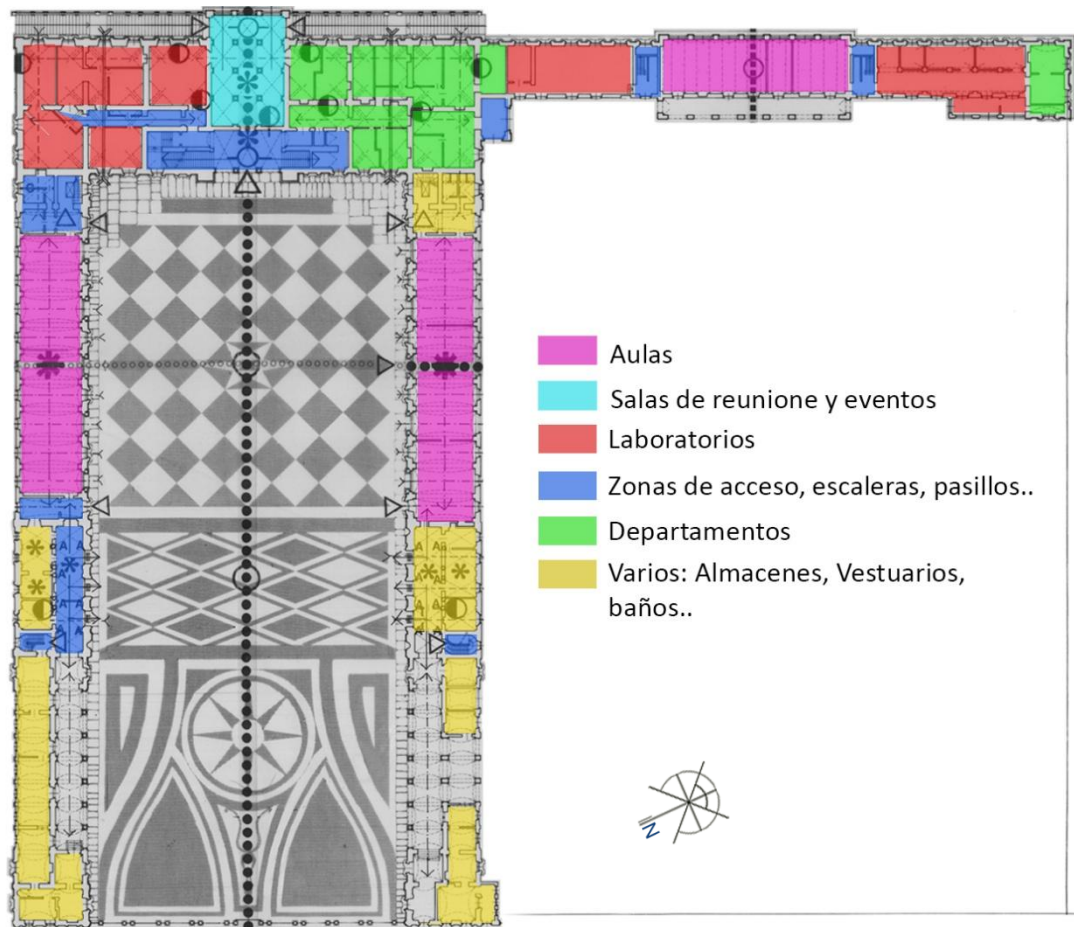


En el eje central se encuentra la salida a la calle Virgilio, a una cota aproximada de -8,20 m y la zona de acceso con doble escalera realizada en mármol de San Martino que comunica el sótano con el atrio y el patio interior de la planta baja.

Por lo que respecta a las estancias bajo las dos rampas de escalera objeto de este presente estudio, en su gran parte se trata de estancias no habitables que han dejado el acceso para permitir los controles y mantenimiento. No obstante, baja la rampa sur, Existe una habitación perteneciente al Departamento de Infraestructuras que se usa ocasionalmente como sala comedor.



## Planta Baja. Cota 0,00 m



En esta planta se encuentra el majestuoso patio central, pavimentado con bolos de río, creando el dibujo que se puede ver en el esquema de arriba, a través de la combinación de piedra clara y oscura.

Se trata de la única planta de Castillo que tiene aulas, ya que el resto de ellas se encuentran en los otros edificios dentro del recinto de la universidad.

En el eje central de cuerpo áulico se encuentra una sala utilizada hoy en día para reuniones, exposiciones y otros eventos, la Sala de las Columnas, pero que en origen fue un espacio abierto, sin ventanas ni puertas, que comunicaba el patio interior con el río Po a través del acceso a la doble escalinata monumental.

A la izquierda de la Sala de las Columnas se encuentran las estancias dedicadas a varios laboratorios de investigación, como son el Laboratorio de Rehabilitación, el Laboratorio y Archivo Cartográfico y el Laboratorio de Bienes Culturales.

En la planta baja, a la derecha de la Sala de las Columnas, se encuentran las oficinas del Departamento de Infraestructuras, actualmente conocido como DIST. A la derecha del Ala

Chevalley también tiene su lugar el departamento de Edificación y Logística, conocido como la Oficina Técnica, que pertenece al AREA Edilog, donde he realizado mis prácticas.

En ésta planta se han clasificado como varios, los baños, zonas de almacenaje o de uso no definido así como la administración de la Universidad, que se encuentra en el ala simétrica Norte (en el esquema a la izquierda). También se incluyen en varios, la papelería, la enfermería, la portería y la Biblioteca del departamento Casa y Ciudad, en el ala simétrica Sur.



**Planta Primera. Cota 5,90 m (aprox.)**





La planta primera del Castillo del Valentino se conoce como la Planta Noble, ya que en ella se encontraban los aposentos de los Duques de Saboya.

En el interior de estas estancias existe una decoración verdaderamente rica realizada en su totalidad con frescos, estucos, policromías y dorados del siglo XVII atribuidos a Isidoro Bianchi, G.A. Recchi e G.P. Recchi. Pertenecen a un ciclo decorativo, que se remonta a los primeros años del siglo XVII, precedente a los cambios producidos en los años sucesivos, que caracterizan la magnificencia barroca de las residencias de los Saboya.

A continuación se enumeran las salas de la planta noble, que actualmente están dedicadas a salas de reuniones, exposiciones u otros eventos, ya que la universidad las alquila. Sus nombres se deben a la decoración que en ellas se encuentra. Subiendo desde la planta baja por una de las dos escaleras de la "Escalinata de Honor", realizada en mármol de San Martino, se llega a un majestuoso atrio que hace las veces de distribuidor de la planta Noble.

En la izquierda se encuentran las salas:

- A. Sala de las Magnificencias.
- B. Sala del Negocio.
- C. Sala de la Guerra.
- D. Sala de la Caza.
- E. Sala de Fiestas y Glorias.

En la zona central se encuentra el imponente Salón de Honor, decorado en todas sus paredes y techos con frescos. Dichos techos son más altos que el nivel de pavimento de la planta segunda y debido a esto, es posible ver la estructura de sustentación de la bóveda desde dicha planta.

En la derecha se encuentran:

- G. Sala de las Rosas.
- H. Sala Verde.
- I. Sala del Zodiaco.
- J. Sala de los Gigli.
- K. Sala del Nacimiento de las Flores o del Valentino.

Las salas Zodiaco, Magnificencias y Festas y Glorias fueron restauradas en el 2007 por la empresa especialidaza Regoli e Radiciotti, devolviendoles su esplendor.



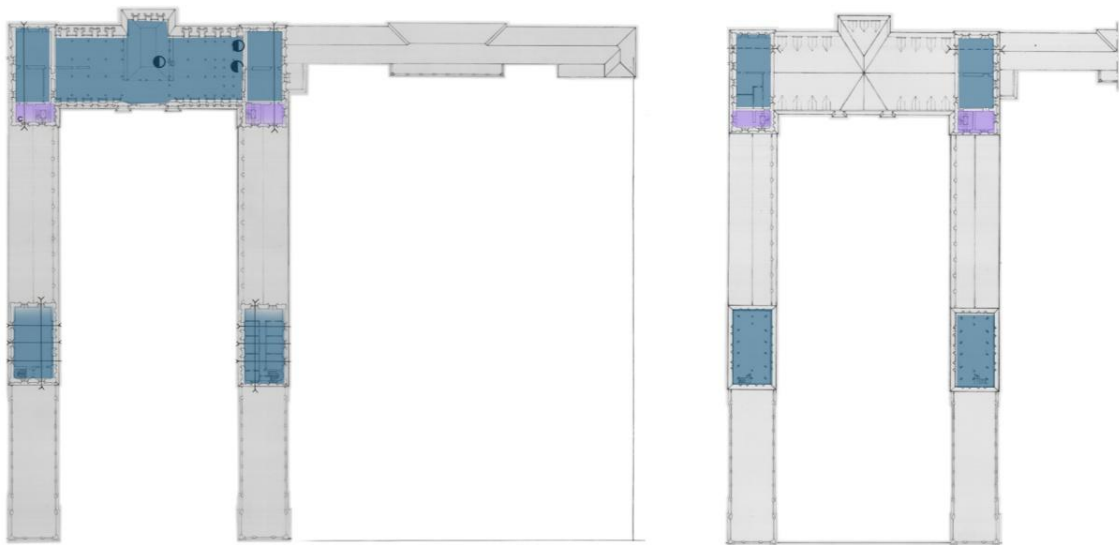
De izquierda da derecha: Sala de las Mgnificencias, Sala de Fiestas y Glorias y Sala del Zodiaco. Fotografías tomadas de la página web de Regoli e Radiciotti.

En esta planta, en las alas norte, sur y Chevalley se encuentran también las dependencias de varios departamentos y laboratorios.

En las plantas superiores, existen estancias de las que no ha sido posible comprobar su uso, pero se trata principalmente de Laboratorios de Trabajo para los estudiantes y algunas oficinas de Departamentos de la Universidad. Otras de estas estancias están actualmente en desuso.

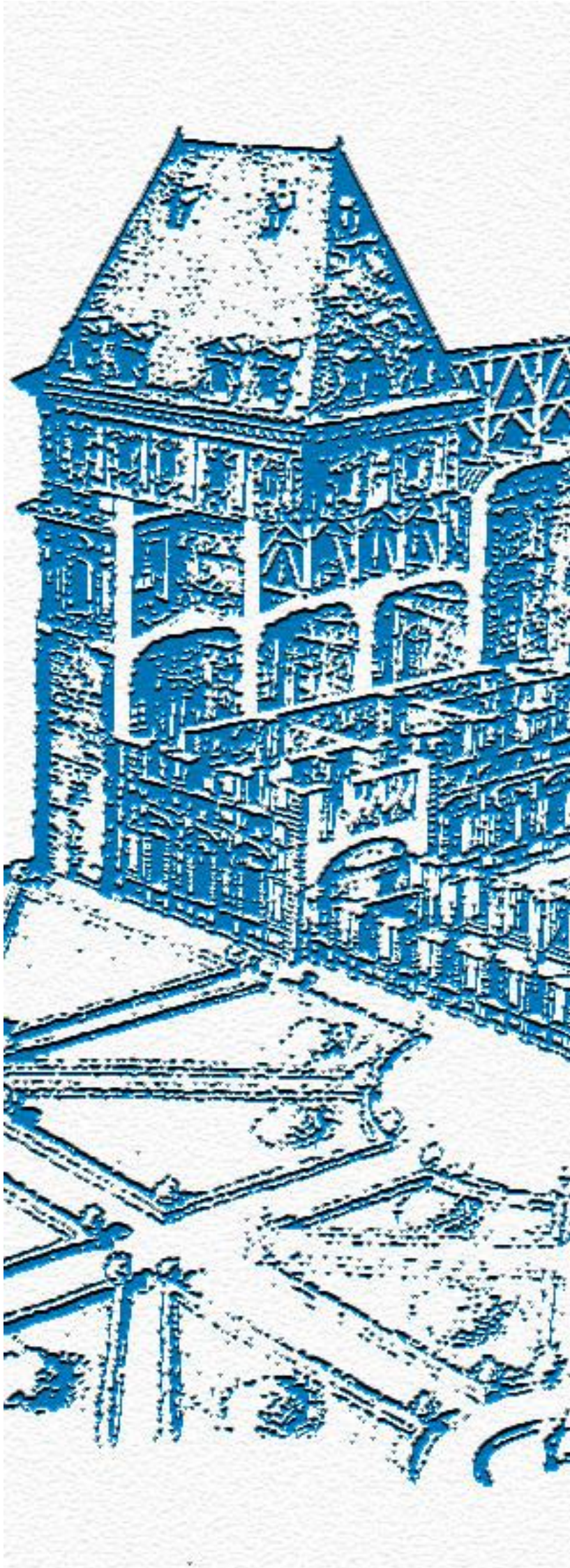
En la zona del cuerpo áulico, debido a la gran pendiente de los tejados alpinos, la estancia, un solo espacio abierto, queda totalmente abuhardillada.

Sin embargo, a los laterales de éste cuerpo central, las torres todavía se elevan una planta más por lo que dal lugar a estancias amplias. En la planta superior, sólo se eleva la zona abuhardillada de las dos torres que confinan el cuerpo áulico.



Las atribuciones de uso de las diferentes estancias del Castillo cambian a menudo ya que se producen traslados de departamentos o ampliaciones de espacios por nuevas necesidades.

Además de las estancias anteriormente descritas, la Facultad de Arquitectura se apoya en otras construcciones dentro del recinto, que cumplen la función de biblioteca, aularios, despachos y cafetería.



## 8. DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA



## 8. DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA

*Se ha estimado oportuno hacer una breve descripción de todo el Castillo para pasar sucesivamente a describir en profundidad cómo está realizada la escalinata.*

### 8.1. BREVE DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA DEL CASTILLO

Los cimientos originales del Castillo consisten en el propio muro que continúa en el terreno. Bajo éstos muros existen cordones corridos de consolidación y de apoyo realizados en bolos de río y mortero de cal con adición de arena y descartes cerámicos, un método tradicional muy habitual en edificios históricos.

Se pueden ver partes de éste cordón en piedra en la documentación fotográfica que se encuentra en el proyecto de consolidación de la escalinata realizado en 2001, cuando se procedió a vaciar el terreno sobre el que apoyaban directamente las lastras de los peldaños.



La cota de apoyo de las cimentaciones es variable como se puede ver en la fotografía ya que el Castillo fue construido en una zona con una pendiente acentuada. De la misma manera, en la planta sótano, las cotas de forjado de las diferentes habitaciones es variable y por ello lo es también su cimentación.

La construcción de éste tipo de cimentación se realiza generalmente excavando un foso o zanja en el terreno y vertiendo separadamente pero al mismo tiempo, los bolos de río, el mortero de cal y los residuos cerámicos. La granulometría de los bolos es variable según la disponibilidad y suelen combinarse grandes con más pequeños para evitar la creación de huecos y con ello puntos débiles.

#### Sistema estructural

El sistema constructivo adoptado para la realización del Castillo se basa en muros portantes y forjados realizados sobre bóvedas, generalmente de cañon, esquifadas o de espejo. Estos muros portantes alcanzan espesores de hasta 1,30 m, que disminuye con la altura.

Las partes de muro que se ven en éstas fotografías tienen un aparejo variable e irregular ya que se utiliza tanto la piedra como el ladrillo sin un orden establecido. En otras zonas accesibles donde el muro es visible, el aparejo es más ordenado, realizado en bolos de río de considerable diámetro con verdugadas de ladrillo para aportar estabilidad a través del cosido.

En cotas superiores de la planta sótano el aparejo utilizado en los muros portantes se unifica, pasando a ser exclusivamente de ladrillo en detrimento de la piedra.

La identificación del aparejo ha sido posible gracias a la existencia de zonas muy deterioradas en el sótano dónde el enlucido ha prácticamente desaparecido dejando a la vista el soporte. El aparejo utilizado es el de sogas con alguna hilada a tizón para su cosido.



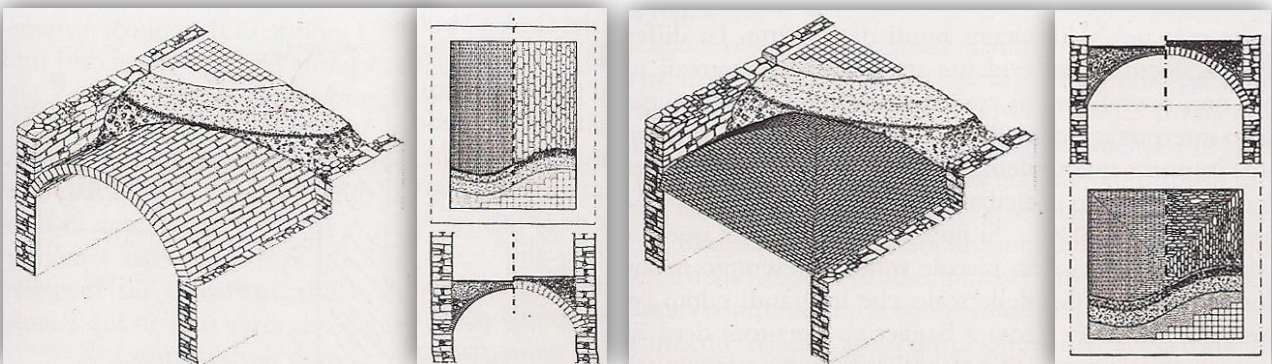
La formación de los techos se realiza con bóvedas de formas muy diversas, predominantemente en rincón de claustro esquifada y de espejo o artesa para las habitaciones y de cañon o también esquifada para los pasillos o zonas más estrechas. Estas zonas pueden tener arcos fajones de refuerzo realizados a rosca de ladrillo. Además existen algunas bóvedas formadas por la combinación de las anteriores o de cañon con forma cónica.



A parte de su forma, para la construcción de las bóvedas se han usado dos técnicas muy diferentes:

-Bóvedas del sótano y de la planta baja:

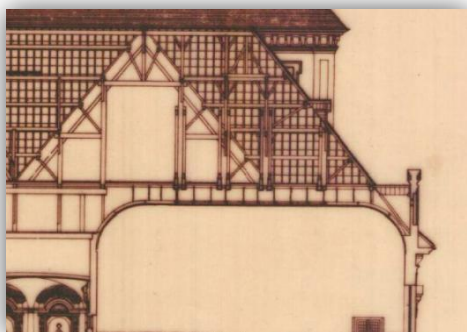
Realizadas con rosca de ladrillo apoyada sobre los muros portantes y con aparejo recto. El hueco que se crean entre la bóveda y el nivel de pavimento se rellena con elementos de aligeramiento como descartes cerámicos o arena.



Detalles de construcción de bóvedas de ladrillo de cañon y en rincón de claustro. Tomados del artículo "Volte tabicadas nelle grandi isole del Mediterraneo: Sicilia e Sardegna (xV-XVIII secolo) de Maria Mercedes Bares y Marco Rosario Nobile, contenido en el libro Construyendo bóvedas tabicadas: Actas del Simposio internacional sobre Bóvedas tabicadas. de la Editorial UPV.

-Bóvedas planta primera (planta noble):

La técnica constructiva usada para la realización de estas bóvedas fue la más usada en el *Seicento* para la formación de los techos en plantas nobles, sobre los que se realizaban sucesivamente ricos frescos, estucos y otras decoraciones en madera. Se trata de una "falsa bóveda portante" ya que ésta solo se sostiene a sí misma.



Se realizaban habitualmente en cañizo revocado a una o dos caras sostenido por una estructura en madera apoyada en los muros portantes y en ocasiones incluso se reforzaba con tirantes colgados de las vigas de madera dónde apoya el pavimento.

En la fotografía de la derecha se puede apreciar la riqueza de la decoración de las bóvedas de la planta noble o primera del Castillo.

Actualmente la bóveda en cañizo del Salón de Honor, ha sufrido una intervención estructural de emergencia, habiéndose reforzado los pares de madera que aguantaban la bóveda con perfiles metálicos para asegurar la estabilidad del conjunto.



Bóveda Sala del Zodiaco, durante su restauración, planta Noble del Castillo del Valentino

#### Escaleras

Todas las escaleras interiores del Castillo han sido realizadas con el mismo método constructivo: Cada Peldaño corresponde a una lastra de piedra monolítica. Estas lastras pueden estar embebidas a ambos extremos en el muro portante o como se puede ver en la imagen de la derecha apoyan en el tramo dónde el muro reduce su espesor. En el caso de los peldaños más anchos se ha contruido un tabique central donde apoyan las lastras de piedra.



Escalera de acceso al sótano desde el Atrio del Patio



Fachada hacia Torino revocada.



Fachada hacia el Po

Fachadas

Desde el primer momento en que se realiza una vuelta al rededor del Castillo se aprecia que existen dos tipos de acabado de fachada distintos:

-Fachadas hacia el patio (hacia Torino):

Éstas fachadas tienen un aspecto claramente del período del Ottocento, con ricos estucos en las cornisas de las ventanas y con un acabado enlucido y pintado en tonos claros.

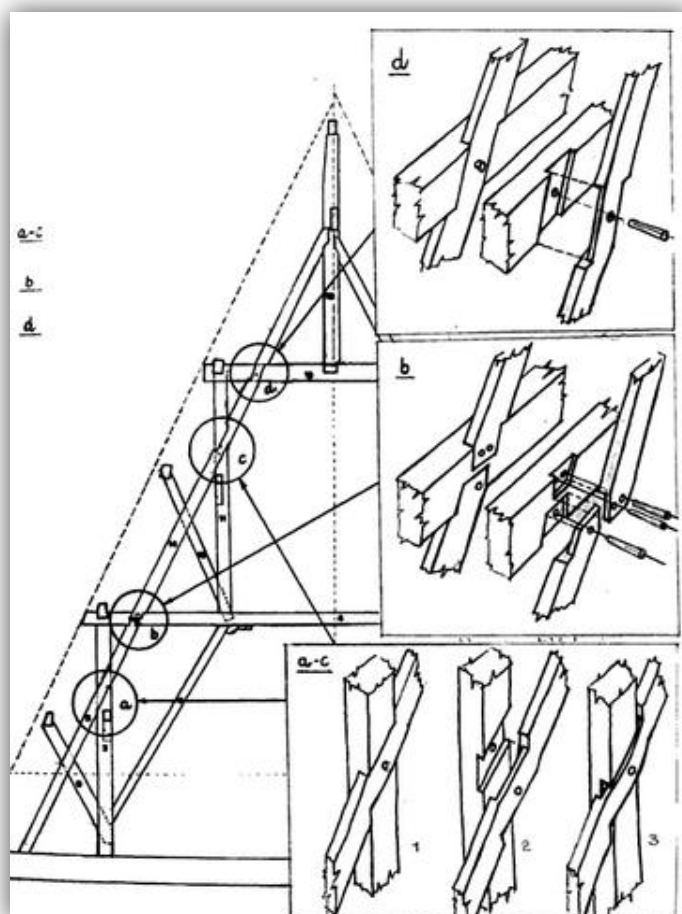
-Fachadas hacia el sur, fachada Jardín Botánico, hacia el Po y toda el ala Chevalley:

Han llegado hasta nuestros días con su aspecto original en ladrillo cerámico visto de cromias muy variadas.

Cubierta

Las cubiertas del Castillo consisten en tejdos de estilo alpino, con grandes pendientes. La estructura está realizada en su totalidad en madera de roble y arce y sigue el sistema de conexiones de la ilustración que se muestra a continuación.

Sobre ésta estructura de madera se apoyan los pares, correas y cabíos sobre los que se clavan las tejas de pizarra que actualmente terminan la estructura. Entre las dos aguas se ha dispuesto láminas de zinc o plomo para impedir la entrada de agua.



Dibujo tomado de la página 171 del libro *Il Restauro delle strutture di legno: il legname da costruzione, le strutture lignee ed il loro studio, tecniche di esecuzione del restauro*. HOEPLI Editore.



## 8.2. ANÁLISIS CONSTRUCTIVO DE LA ESCALINATA MONUMENTAL

El sistema constructivo empleado en origen para la realización de la doble escalinata monumental se vio modificado en los años 2000/2001 cuando se realizaron trabajos de consolidación estructural de las rampas de escalera.

A continuación se intenta describir brevemente el estado de construcción original definido en la documentación del proyecto realizado en el año 2000 por el arquitecto Corrado Colombo.

En ambas rampas de escalera se podían diferenciar dos tramos diversos, aquellos con estancias situadas debajo y aquellos apoyados directamente sobre el terreno. El primer tramo, con espacios bajo la escalera fue realizado en ambas rampas con bóveda de ladrillo apoyadas en el muro portante, sucesivamente rellenas de arena compactada y finalmente el apoyo de las lastras de escalera sobre el lecho.

El otro tramo, también en ambas rampas, estaba realizado directamente sobre el terreno, es decir, los tramos de muro basamental de la escalinata en ésta zona, se construyeron directamente contra el terreno y por ello en su estado actual que explicaremos a continuación se puede apreciar la gran irregularidad del intradós.

Las lastras de piedra estaban embebidas en el muro del cuerpo aulico y apoyadas sobre el muro basamental de la escalinata. En ambos tramos, aunque ejecutados en diverso modo, las lastras descansaban sobre un lecho continuo de tierra compactada.

### Descripción del sistema constructivo actual:

En los trabajos realizados en 2001, manteniendo los tramos realizados mediante bóveda (con uso bajo ésta), se produjo el vaciado del terreno y la construcción de forjados de apoyo de las lastras de escalera con la intención de reducir la porción de muro y estructura en contacto directo con el terreno y por tanto, el ascenso de la humedad por capilaridad en los muros portantes. En cada rampa se operó en distinto modo:

#### *Rampa sur:*

Se quitó momentaneamente el tramo de lastras de piedra que apoyaban directamente sobre el terreno y se realizó una losa de cimentación que cubre toda la superficie de suelo bajo la escalera que estaba rellena de terreno con anterioridad. En sustitución al apoyo original, se realizó un forjado



bidireccional macizo en hormigón armado como se puede ver en las láminas del levantamiento gráfico. Éste forjado apoya sobre pórticos constituidos de pequeños pilares y vigas en hormigón armado y además, en los laterales se realizaron perforaciones para armaduras ancladas con resinas epoxídicas, que configuran apoyos indirectos del forjado sobre el muro ya existente. Las lastras de piedra, por su lado en contacto con el muro del cuerpo aulico se volvieron a embeber en el muro.

Bajo ésta rampa, se realizó además una estructura de contención del terreno en la parte del muro del cuerpo áulico. Ésto se realizó porque la excavación retiró terreno más abajo de algunas de las cotas de apoyo de la cimentación del muro. Por lo tanto, se construyó un murete de contención, como se puede ver en la fotografía que soporta el terreno en contacto con el muro.

Sobre el nuevo forjado, se instaló una lámina de impermeabilización bituminosa para impedir que el agua de lluvia se filtrara en los elementos constructivos. Después de la lámina, se realizó un lecho compactado de arena y cal sobre el que apoyan las lastras de piedra que además están embebidas en el muro del cuerpo aulico, como en origen y apoyadas en el muro basamental de la escalinata.



#### *Rampa norte<sup>1</sup>:*

Hasta el paso de realización de la losa de cimentación, en la rampa norte se operó del mismo modo, pero sucesivamente se empleó otro sistema diferente para la realización del nuevo forjado. En ésta rampa, el forjado ha sido realizado con doble vigueta semirresistente prefabricada en hormigón armado, pretensado y elementos de aligeramiento también prefabricados de hormigón.



<sup>1</sup> los puntales que aparecen en las fotografías de las zonas bajo las rampas no cumplen función estructural alguna. Se posicionaron durante la última intervención en la fachada Po para reforzar los forjados, ya que se iban a instalar andamios sobre la escalinata para proceder a la pintura de las superficies revocadas, trabajo que como se puede ver en algunas fotografías, nunca se concluyó y la empresa no retiró nunca éstos puntales.

El sistema de apoyo de este forjado también es diferente al anterior, ya que se decidió doblar los muros portantes con tabiques de ladrillo cerámico macizo HD, como se puede ver en la fotografía. Estos muros parecen disponer de una especie de zuncho de coronación, pero no se ha encontrado información al respecto, por lo que es posible que se tratara de una variación durante el desarrollo de la obra. El forjado apoya sobre éstos nuevos tabiques de ladrillo macizo y sobre los muros existentes a través de las armaduras ancladas con resina citadas en la rampa sur.

La fachada de nuestro objeto de estudio tiene dos partes claramente diferenciadas:

-Cuerpo emergente del cuerpo áulico:

Está realizado en ladrillos cerámicos vistos dispuestos en forma de almohadillado. El aparejo utilizado es muy irregular y no ha sido posible identificar una configuración constante en el elemento. Se emplean sea a soga que a tizón indistintamente para realizar las formas deseadas. En el resto del cuerpo áulico se pueden apreciar piezas especiales de ladrillo para la realización de las modurlas de los contornos de las ventanas.



-Fachada del Castillo y Fachada basamental de la escalinata:

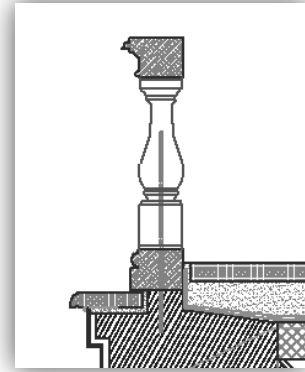
El acabado del paramento está realizado en revoco de cal<sup>2</sup>, y posteriormente pintado con pinturas al silicato de potasio en tonos beige. El muro basamental de la escalinata cuenta con seis nichos de forma semicilíndrica con su parte superior en cuarto de esfera y otros dos en forma ovalada. Además tiene entre dichos nichos, hornacinas planas de formas rectas. En la fotografía de la derecha se pueden apreciar las perforaciones de ventilación realizadas en la intervención de consolidación de la estructura para evitar la condensación bajo la escalera.



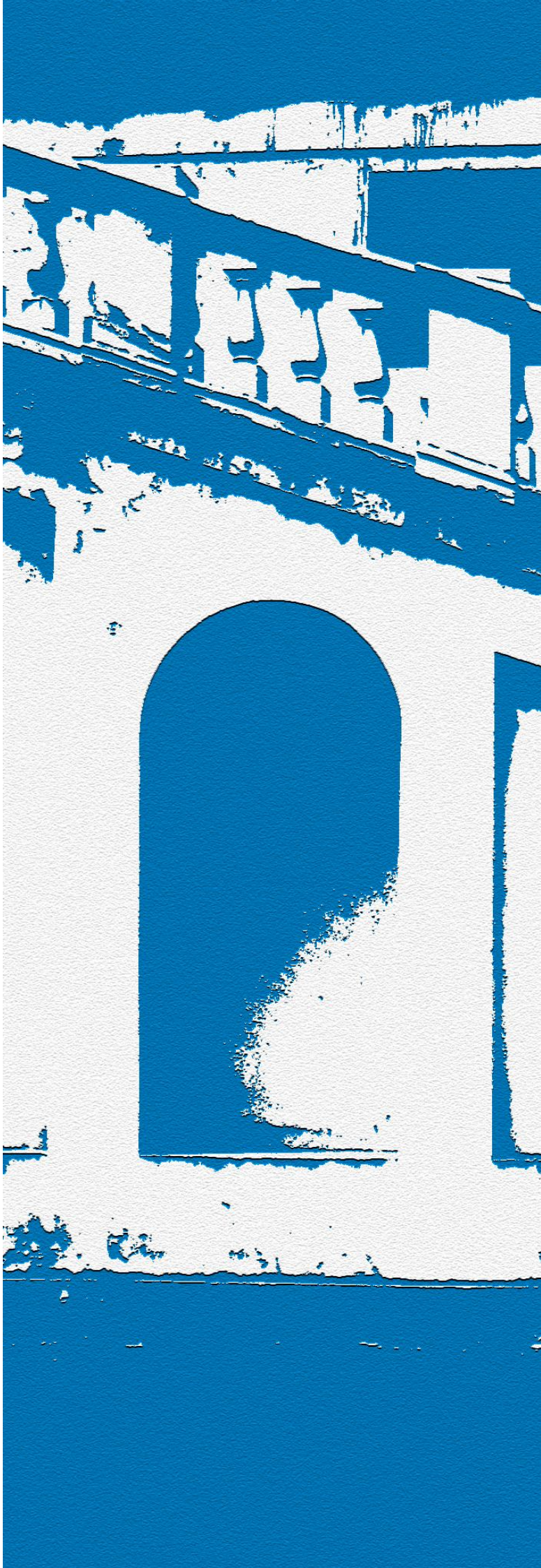
<sup>2</sup> Será realizada una explicación más detallada sobre éste material en el capítulo 10, dónde se hablará de los materiales empleados en la construcción de la escalinata

### Barandilla

Está totalmente realizada en mármol y apoya sobre la coronación del muro basamental de la escalinata. Para asegurar el anclaje de los balaustes a la coronación de muro éstos están anclados a través de un perno metálico, como se puede ver en el esquema de la derecha. Además, entre los diversos elementos de mármol, se ha realizado una unión de mortero hecho en parte con restos de material marmóreo del mismo tono para crear uniformidad.



La pieza de gneiss que hace de goterón para evitar que el agua caiga directamente sobre la fachada basamental, ha reforzado su función con un elemento de zinc embebido entre ésta pieza y el muro.



## 9. MATERIALES EN LA ESCALINATA



## 9. MATERIALES

*En éste capítulo se realiza una descripción de los materiales que componen la escalinata, tanto los originales como todos aquellos que han sido incorporados en las rehabilitaciones posteriores a su construcción. Se ha querido hacer incapié en los materiales pétreos de la escalinata, ya que las intervenciones realizadas a lo largo de los años han sumado al monumento mármoles y gneis de distintas procedencias, pero que en su mayoría han sido extraídos en el Piamonte italiano.*

*Por último, se ha incluido al final de éste capítulo una caracterización de muestras de morteros y de pintura, por los métodos de la Difractometría RX y Espectrometría IR respectivamente.*

### 9.1. MATERIALES PÉTREOS

Los componetes en piedra que encontramos en nuestro objeto de estudio, son las placas de los peldaños de escalera y las barandillas, pudiendo descomponer éstas últimas en elementos simples: pasamanos, balaustres, pedestales y basamentos. La última catalogación de éstos pétreos fue realizada por el Servizio Edilizia, actual Área EDILOG, en el 2001 para la última intervención realizada en la escalinata.

Se ha encontrado también otro documento de catalogación sin fecha, pero que es probablemente anterior y que genera incongruencias con el de 2001 por lo que respecta a los tipos de mármol de la barandilla. Por otro lado, en las inspecciones visuales se han detectado materiales diferentes en algunos peldaños que habían sido catalogados como iguales.

Por ésta razón, se ha procedido a realizar una nueva catalogación por comparación de acabados de muestras y características visuales que se puede encontrar en el Anexo 06. Ésta nueva catalogación se ha podido realizar gracias a la colaboración del Ing. Maurizio Gomez Serito, profesor del Politecnico di Torino, que ha aportado su conocimiento sobre los pétreos del Piamonte durante una visita a la escalinata.

No obstante, incluso para el ojo experto existe cierta incertidumbre en la identificación visual de algunos materiales debido a la similitud de su composición, por lo tanto se tendrá en cuenta que se ha procedido con la mayor precisión posible dentro de las posibilidades. Se ha operado de este modo porque no se ha dado la autorización para la toma de muestras. Por lo tanto no ha existido la posibilidad de realizar pruebas químicas para averiguar su composición, que habría sido un método preciso.

Por otro lado en los documentos históricos de Registro de Contabilidad durante la construcción del Castillo que se encuentran en la Cámara de Comercio de Torino, no se ha encontrado referencia alguna a la compra de materiales para la escalinata monumental. Se ha descartado una entrada del registro en la que se cita "*lastre di pietra di san Martino, per lo*

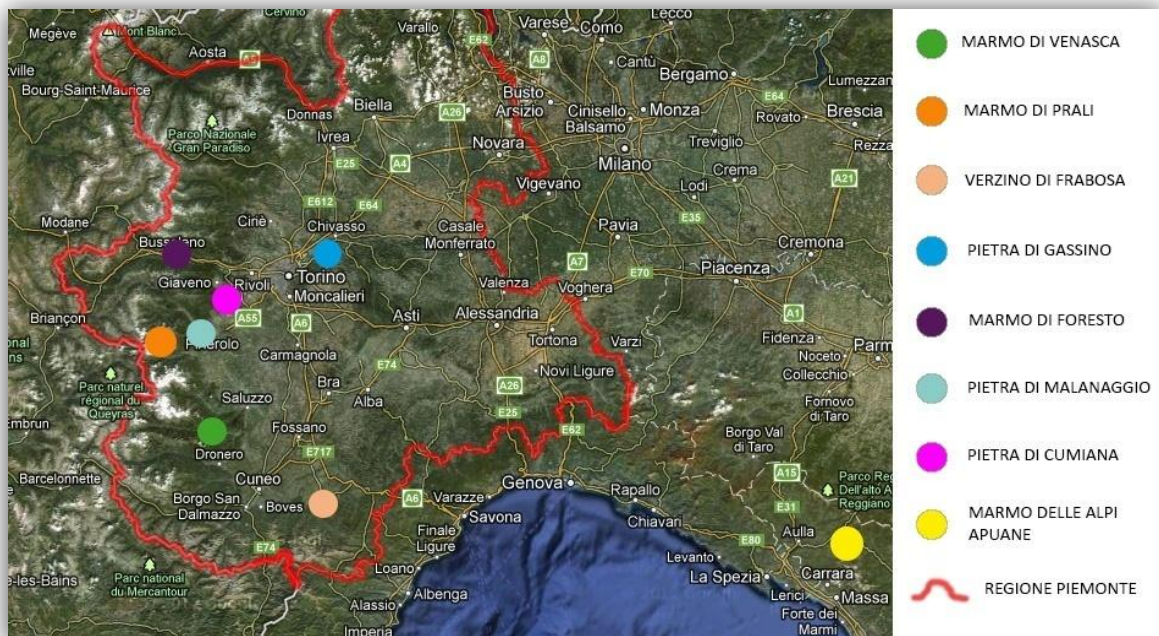
*scalone d'onore*", ya que se puede apreciar sin esfuerzo que las placas de la escalinata no son de mármol y por lo tanto dicha citación se refiere a las escaleras dobles que comunican el patio del Castillo con el Salón de Honor.

Otro factor que influye en la incerteza e incongruencia entre los posibles documentos de catalogación realizados desde la construcción del Castillo es que algunos de los mármoles utilizados han cambiado varias veces de nombre a lo largo de la historia, haciendo éste hecho que la determinación del material correcto haya sido más compleja. Con la intención de no cometer ése mismo error, se intentará conocer todos los nombres con los que se denominó el mismo material a lo largo de los años.

La mayor parte de los pétreos actualmente presentes en la escalinata provienen de canteras situadas en el Piamonte. Algunos elementos puntuales han sido catalogados como mármol de los Alpes Apuanos (Apeninos Toscanos), de características similares al conocido mármol de Carrara, siendo éstas las únicas piezas de material no piamontés.

La escalinata ha visto producirse sobre ella numerosas intervenciones desde el momento de su construcción y es en parte gracias a todos los trabajos de rehabilitación realizados que tenemos ante nosotros un verdadero muestrario de los mármoles más prestigiosos del Piamonte.

A continuación, se muestra un mapa con el lugar aproximado de localización de las canteras de extracción de los pétreos que se encuentran actualmente en la escalinata.





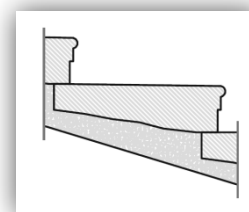
## PLACAS DE LOS PELDAÑOS

Los peldaños han sido realizados en placas de piedra monolíticas. Por ello, nos encontramos ante bloques de piedra de considerable entidad. Debido a su longitud, de media 4 metros (teniendo en cuenta el tramo embebido en la pared), se puede deducir de su sección un peso medio aproximado de 700 kg. Será importante tener en cuenta éste dato en el caso de determinar necesario retirar los peldaños en los trabajos de intervención, ya que se trata de los elementos de mayor peso.



En el Anexo 06 se muestra la catalogación de los pétreos que componen los peldaños, que se describirán a continuación.

Encontramos dos tipos de piedra diferentes, piedra de Malanaggio y piedra de Cumiana. Podemos deducir de su estado de conservación que la piedra de Malanaggio fue colocada posteriormente a la construcción de la escalinata, probablemente en sustitución de placas de piedra de Cumiana deterioradas.



Detalle sección placa de peldaño

### Piedra de Cumiana:

Se trata de un paragneis granítico generalmente de color gris, pero que tiende a amarillear o a anaranjarse con la degradación. Los gránulos son grandes y visibles a simple vista, al contrario que en la piedra de Malanaggio. Tiende a desgranarse a esquivirlas.

Se conoce como Piedra de Cumiana porque procede de las canteras que se encuentran en la cuenca del torrente Chisola, zona conocida localmente como Valchisola, dentro del término municipal de Cumiana en Piamonte.

Encontramos ejemplos de su empleo en las placas de escalera y zócalos del Palacio Carignano de Torino o en el puente Vittorio Emmanuelle II sobre el río Po.



La piedra de Cumiana se usó hasta el final del siglo XVIII, ya que a principios del siglo XIX fueron abiertas las canteras de piedra de Malanaggio y se comenzó a emplear ésta en detrimento de la otra.

Piedra de Malanaggio:

Es un ortogneis, una piedra diorita metamórfica de color gris oscuro. Su granulometría es fina: de 1 a 2 mm.

En la escalinata encontramos dos variedades de la Piedra de Malanaggio, una más oscura, azulada debido a la prevalencia de minerales silicáticos en su composición y otra más clara, a causa de su contenido elevado en feldespato de calcio. Esto puede deberse a que la piedra de Malanaggio se extrae de diferentes canteras en una misma zona.

Un ejemplo de su uso lo encontramos en las columnas del pronaos de la Iglesia de la Gran Madre en Torino.



La principales cavas de ésta piedra se encuentran en el Valle Chisone, en la localidad de Malanaggio, dentro del término de Porte.

Se emplea desde principios del siglo XIX y a día de hoy, las canteras todavía están abiertas y operativas, por lo que la última sustitución de placas en la escalinata, coincidente con los cuatro primeros peldaños, empezando por el extremo inferior de la escalera izquierda, se realizó con esta piedra.

Estos dos tipos de piedra usados en los peldaños de escalera, a pesar de tener un acabado diferente, comparten características comunes, ya que ambos pertenecen a los gneis. No obstante, la piedra de Cumiana es un paragneis y la de Malanaggio un ortogneis, lo que les confiere diversidad entre ellas, tratándose de una diferencia química de los litotipos.

El gneis es una roca de tipo metamórfico compuesto por cuarzo, feldespato y mica pero a diferencia del granito, la distribución de estos elementos es laminar o a estratos que alternan minerales claros y oscuros. Tienen un alta resistencia a compresión y a la abrasión.

Otras características del gneis como su resistencia a compresión, su densidad o su dureza en la escala de Mohs, hacen de ésta roca un material perfecto para pavimentaciones exteriores por su gran durabilidad.

En la tabla de la página siguiente se muestran algunas de sus características comunes de los gneis.

Nombre de la roca	Gneis
<b>Tipo básico</b>	Metamórfica
<b>Estructura</b>	Cristalina. Orientación definida en bandas, con capas alternas de minerales claros y oscuros
<b>Composición química</b>	Cuarzo, feldespato y mica
<b>Formación u origen</b>	Durante un metamorfismo regional de alto grado Paragneis: derivados de rocas sedimentarias Ortogneis: litotipos magmáticos intrusivos
<b>Dureza</b>	6.5 (en la escala de Mohs)
<b>Textura</b>	Granular
<b>Densidad</b>	2.700 - 3.000 kg/m <sup>3</sup>
<b>Resistencia a compresión</b>	1.500 - 2.000 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Color</b>	Negro o gris o rosa con rayas oscuras y capas
<b>Brillo</b>	Opaco
<b>Usos</b>	Peldaños, adoquines, mampostería

#### BARANDILLAS

La morfología de los componentes de las barandillas (pedestales, balaustres, pasamanos y basamentos) ha sido ya analizada en precedencia y por lo tanto ahora se realizará una descripción de los materiales de composición.

En el Anexo 06 se recoge la clasificación de los pétreos que componen actualmente las barandillas.

Una gran parte de estos elementos han sido sustituidos en las diferentes intervenciones realizadas en la escalinata y es por ello que existe una gran variedad de procedencias.

El material original de construcción de la barandilla es el mármol de Venasca, más conocido actualmente como marmol de Brosasco o Isasca. Aún así, también hay elementos realizados en mármol de San Martino que podrían ser de la misma época.

En ocasiones en los trabajos de rehabilitación se eligen materiales diferentes a los originales ya sea por razones económicas ligadas a la baja disponibilidad o por la imposibilidad de encontrarlos. En el caso que ocupa éste estudio, algunas canteras de dónde provienen los materiales originales o aquellos utilizados en rehabilitaciones más antiguas, están actualmente cerradas.

Los materiales que integran hoy en día las barandillas son: mármol de Venasca, mármol de San Martino, Verzino de Frabosa, Piedra de Gassino, mármol de los Alpes Apuanos y mármol de Foresto, que se describen a continuación.

### Mármol de Venasca

Se trata del mármol de construcción original. Tiene una consistencia heterogénea, de coloración blanca con betas verdes ocasionales.

Éste mármol ha cambiado de denominación a lo largo de los años, pasando de llamarse mármol de Venasca (nombre con el que se le conocía en el siglo XVII) a mármol de Brosasco en el siglo XVIII y sucesivamente mármol de Brosasco/Isasca. Ésta denominación se debe a la ubicación de la cantera, en el Valle Varaita, que pertenece al territorio de Isasca, en la Provincia de Cuneo. Del mismo modo, Venasca es también una localidad del mismo valle.



Como ejemplo, éste mármol fue empleado en el portal de la Iglesia de San Carlo y en las estatuas y macetas de la fachada del Palacio Madama.

La cantera de dónde venía extraído éste apreciado mármol fue cerrada a mediados del siglo XVIII.

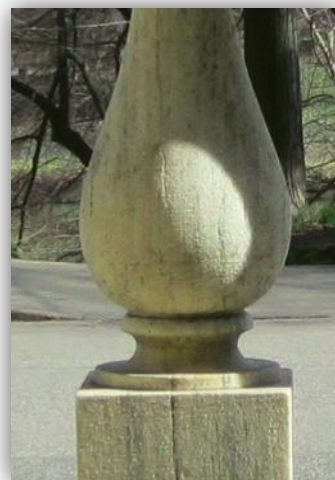
### Marmo di San Martino o Prali

Éste mármol tiene características similares a las del mármol de Venasca pero es mucho más blanco y su consistencia más fina, con una granulometría máxima de 1 mm de carácter homogéneo.

El mármol de Prali en el siglo XVII se conocía como mármol de San Martino y se usaba sólo en interiores. Un claro ejemplo de su uso en interiores es la doble escalera de Honor que conecta el patio del Castillo del Valentino con la planta noble y el Salón de Honor.

Sus canteras se encuentran en el Valle Germanasco, en el oeste del Piamonte, casi en la frontera con Francia. Éstas canteras están actualmente abiertas y el mármol de Prali se sigue empleando actualmente.

En la catalogación se ha querido diferenciar entre mármol de Prali más antiguo y el más nuevo empleado en intervenciones más recientes, llamando al antiguo con el nombre con el que se conocía en la época de su empleo, mármol de San Martino.



Izquierda, mármol de Prali de rehabilitación. Derecha, mármol de San Martino original.

Verzino de Frabosa

Es un mármol gris claro con algunas betas verdes. Tiene un acabado menos delicado que los mármoles citados anteriormente y es por ello que se usaba sobre todo para peldaños o pequeñas esculturas y otros elementos decorativos. A pesar de ello, gracias a su gran disponibilidad se usó a menudo en las rehabilitaciones del siglo pasado, aunque en la actualidad está en desuso.

Su nombre se debe a las localidades de Frabosa Soprana y Frabosa Sottana, que se encuentran en el Valle Corsaglia, en la provincia de Cuneo, en Piamonte. Éste valle es conocido por la elevada actividad de extracción de sus canteras. La cantera de éste mármol todavía se encuentra en funcionamiento.

Piedra de Gassino

Es un mármol calcáreo fosilífero, con características estéticas bastante diferentes al resto de mármoles empleados en la balaustrada. Se puede ver a simple vista el grano de tamaño y color heterogéneos.

Se extraía en el valle Bussolino, dentro de los términos de Bussolino de Gassino y Gassino Torinese, al noroeste de Torino. Actualmente la cantera está cerrada.

Esta piedra se empleó desde inicios del siglo XVII hasta inicios del XIX, cuando se cerró la cantera. Encontramos ejemplos de su uso en los acabados externos de la Basílica de Superga, las arcadas de la Universidad de Torino o la fachada del Palacio Madama.

Mármol de los Alpes Apuanos

Es un mármol de color blanco o con tonalidades azuladas-grisáceas, casi sin betas, y grano de fino aspecto harinoso.

Se trata del único pétreo empleado en la escalinata que no proviene de canteras del Piamonte. Fue empleado en una intervención realizada en los años sesenta. Debido a su procedencia, el Parque regional de los Alpes Apuanos, en la provincia de Lucca, al norte de la Toscana, a éste mármol se le atribuyen características análogas a las del mármol de Carrara, material mundialmente conocido.



### Mármol de Foresto

Es un mármol dolomítico de acabado grisáceo bastante homogéneo con betas dispersas y algunos gránulos brillantes.

Éste mármol se extraía de las canteras del Orrido, la profunda garganta incisa en la montaña adosada a la pequeña aldea de Foresto, que le da nombre, perteneciente al término de Bussoleno. Se trata de la cantera de mármol más antigua del Valle de Susa. Actualmente éste territorio comprende la "Reserva Natural Especial Orrido de Foresto".



Ha sido reconocido y diferenciado de los mármoles de Prali y de Venasca en la última catalogación realizada para este proyecto gracias a la colaboración del Ing. Maurizio Gomez Serito.

Todos los pétreos empleados en la balaustrada, son mármoles y a pesar de su gran variedad, comparten características comunes.

Son rocas de origen sedimentario, calcáreas recristalizadas por metamorfismo. La recristalización de las calcitas produce gránulos más grandes de aquellos originales y están adheridos uno a otro en una estructura sacaroide. Los cristales de calcitas, no son excesivamente duros y se pueden pulir hasta volverse semitransparentes.

El mármol es el material ideal para la escultura y la arquitectura, ya que asume toda una serie de propiedades físico-mecánicas favorables, como por ejemplo su compacidad e isotropía, baja dureza, trabajabilidad y facilidad de pulido. Presenta una mayor resistencia a los agentes atmosféricos y a los esfuerzos mecánicos comparado con las rocas calcáreas no metamórficas.

Tienen además, un aspecto brillante y una coloración agradable. Por todas éstas características, los mármoles han sido los pétreos más utilizados por el hombre desde la antigüedad para la creación de una gran variedad de elementos como estatuas o zócalos, elementos arquitectónicos, como columnas, pilares, arcos, elementos de revestimiento o lápidas.

En la siguiente página se muestra una tabla resumen de sus características más destacadas.

Nombre de la roca	Mármol
<b>Tipo básico</b>	Roca sedimentaria
<b>Estructura</b>	Hexagonal, 32/m
<b>Composición química</b>	Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) con impurezas que le confieren diversas coloraciones.
<b>Formación u origen</b>	Son calizas que han sido recristalizadas por un proceso metamórfico.
<b>Dureza</b>	3 - 4 (en la escala de Mohs)
<b>Textura</b>	Granoblástica y de aspecto sacaroide.
<b>Densidad</b>	2,600 a 2,800 $\text{kg/m}^3$
<b>Resistencia a compresión</b>	500 - 1000 $\text{kp/cm}^2$
<b>Color</b>	Blanco grisáceo, incoloro transparente o blanco, si bien algunas impurezas le dan coloración, rojas, amarillentas, verdes, moradas etc.
<b>Brillo</b>	Vítreo algo perlado
<b>Usos</b>	Para cementos, materiales cerámicos, obtención de la cal, para carga, fabricación de cemento portland, en industria química, como fundente en minas metálicas, en industria óptica, etc. Roca ornamental: esculturas, columnas, elementos decorativos...

#### PÉTREOS EN LOS MUROS

Además de los elementos ornamentales de piedra que se acaban de definir, también se pueden encontrar materiales pétreos como parte integrante de los muros de Castillo.

En la fotografía de la derecha se puede apreciar cómo el empleo de la piedra para la construcción de los muros portantes se ha realizado en combinación con elementos de ladrillo macizo, que no siempre aparecen dispuestos regularmente.

La localización del Castillo favoreció que la piedra utilizada se extrayera de los lechos de los ríos de la zona. Se puede deducir ésto de su forma con ángulos redondeados y superficies lisas.



Vista del muro basamental por su cara interior.

A pesar de que éste tipo de piedras estén a menudo compuestas por litotipos muy compactos, ésto no asegura, debido a la forma redondeada de sus caras, suficiente estabilidad en los muros, en especial aquellos sometidos a empujes, como es el caso de un muro estructural contra el terreno.

## 9.2. OBRAS DE FÁBRICA

La utilización de ladrillo cocido en construcción se remonta al Cuarto Milenio a.C. en la civilización Mesopotámica. Después de la caída del Imperio Romano, sufre una decadencia de uso y encuentra continuidad sobre todo en la cultura bizantina. Los productores bizantinos de ladrillo reactivaron y perfeccionaron la cromía del ladrillo variando los tonos modificando la composición de las mezclas de arcilla y los tiempos de cocción. En el románico y el gótico el ladrillo cara vista convive con la piedra. En Italia, dada la larga tradición de uso de las arcillas, prevalece el uso del ladrillo respecto a la predominancia de la piedra en el románico y gótico de otras zonas. Algunos ejemplos son la basílica de San Ambrosio de Milán o el Palacio del Ayuntamiento de Siena.

La materia prima, la arcilla, está esencialmente compuesta por óxidos de aluminio y hierro, de silicatos de aluminio y puede contener impurezas como humus, carbonato de calcio, piritas y yeso. Pasa su fabricación, son preferidas las arcillas con más impurezas, pero la presencia de yeso puede ser muy perjudicial, ya que produce eflorescencias en la superficie del ladrillo, pudiendo causar su rotura. Ésta materia prima se obtiene de los depósitos fluviales presentes a lo largo de los tramos intermedios de los recorridos de ríos y torrentes que fluyen por zonas de valle y llanura o proviene de sedimentos finos relacionados con una antigua actividad fluvial.

El proceso de producción prevee el amasado, la formación, el secado y la cocción. La cocción tradicional se realizaba en hornos con temperaturas máximas de 900-1.030°C, durante 40 horas.

Por lo que respecta a las dimensiones de los ladrillos en Italia, a lo largo de los años se han producido variaciones, pero normalmente la longitud o soga es el doble de su anchura o tizón y ésta es dos veces su grueso.

### *CUERPO EMERGENTE CENTRAL*

En las partes consideradas en el estudio encontramos un elemento con acabado en ladrillo visto, el cuerpo central entre las dos escaleras.

Este cuerpo, realizado en almohadillado con los mismos ladrillos, da el acceso al sótano del Castillo desde la calle Virgilio.

Es difícil determinar con exactitud la época de cada pieza, ya que desde su construcción se han realizado numerosas intervenciones que han alterado su estado original. Las partes que han necesitado intervención, se han restaurado a través del proceso de "cosido y descosido", integrando ladrillos de características similares a aquellos originales en buen estado.





Los ladrillos utilizados en la construcción del cuerpo emergente central tienen dimensiones diferentes en su grueso, hecho que se ha resuelto variando las juntas horizontales o tendeles. Por su apariencia, parece tratarse de ladrillos de tejar o de prensado manual, y no realizados por extrusión, por lo tanto el resultado final se caracteriza por un acabado menos normalizado.

Si se observa el paramento de ladrillo, se pueden apreciar diferentes tonos que pueden deberse a dos posibles factores:

- Tiempo y colocación durante la cocción: Los ladrillos tradicionales, se cocían en hornos a cámara o "en Rejales" y por lo tanto la cocción de los ladrillos era diferente según su posición. Serán más claros cuanto menor sea el tiempo de cocción y cuanto más lejos del fuego se encuentren. Estas variaciones en la cocción influyen también en sus características prestacionales.



- Variaciones de los tipos de arcilla utilizados en su fabricación. Según el tipo de impurezas contenidas en la mezcla de las arcillas, se producen variaciones de color, y en ocasiones, de las propiedades.

Se puede apreciar a simple vista la presencia de ladrillos de color muy oscuro, que van desde el granate al negro, denominados escafilados y santos. Son ladrillos con deformaciones y amplias zonas vitrificadas a causa del contacto directo con el fuego. A pesar de ello, fueron utilizados en modo ocasional entre los otros ladrillos por su elevada resistencia a compresión debido a la fusión parcial. También se usaban, más a menudo como material de relleno para los cimientos.



#### *MUROS ESTRUCTURALES*

Como se ha dicho precedentemente en el análisis constructivo del elemento, los muros portantes de la escalinata y del Cuerpo Áulico han sido realizados de formas diferentes, pero en ambos casos se utiliza una combinación de ladrillo y piedra. En las zonas donde los muros son visibles, bajo la rampa sur, algunos de los paramentos murarios están dispuestos ordenadamente con verdugadas del ladrillo y otros emplean la piedra y el ladrillo sin algún orden. En las dos fotografías que se muestran a continuación se pueden ver las diferentes disposiciones.



Éstos ladrillos también tiene dimensiones muy variables por lo que respecta al grueso. Algunos de ellos han sufrido desintegraciones de algunas partes por culpa de la humedad, por lo que resulta difícil hacerse una idea de las dimensiones originales.

En una de las inspecciones se ha encontrado en el muro piezas dispuestas con la tabla a vista como en la tercera fotografía de arriba, donde se aprecian claramente las marcas de las manos, signos de su elaboración tradicional.

#### *MUROS PORTANTES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN BAJO LA RAMPA NORTE*

Éstos tabiques de fábrica de ladrillo macizo se construyeron durante los trabajos de rehabilitación de la rampa norte realizados en 2001 que ya han sido descritos en capítulos anteriores. Estos nuevos muros de ladrillo refuerzan la función estructural de los muros portantes originales del Castillo. La dimensión de estos ladrillos es constante: 25 x 12 x 5,5 cm

El aparejo utilizado es irregular, habiéndose podido indentificar algunas zonas con aparejo a sogá que intercalan de forma arbitraria alguna hilada de cosido a tizón.



### 9.3. MORTEROS Y HORMIGONES

Dado que en la escalinata se han realizado un gran número de intervenciones, existe cierta variedad de morteros, incluso sobre una misma superficie.

A lo largo de los años se ha procedido en modos diferentes en las rehabilitaciones. En algunas épocas se ha preferido retirar todo el material y rehacerlo de nuevo. La intervención realizada en el 1978-80 distorsionó el aspecto original de la fachada y en posteriores trabajos, se ha intentado corregir esos errores cometidos.

#### MORTEROS

El término "mortero" se refiere en general a una masa utilizada para la colocación de los ladrillos y fijación de otros elementos y como material de revestimiento continuo, generalmente de un cemento o cualquier sustancia aglutinante, con o sin adición de otros agregados.

El cemento es un ligante hidráulico capaz de fraguar y endurecer ya sea al aire que bajo el agua. Se obtiene sometiendo a altas temperaturas una mezcla de piedra caliza y arcilla.

En la intervención de los años 1978-80, se usó para juntas de ladrillo, acabados y realización de molduras deterioradas, pero como así lo decidió la Superintendencia para los Bienes Culturales del Piemonte, fueron retirados en intervenciones posteriores debido a que no se parecían a los materiales originalmente usados. A pesar de esto, todavía existen restos de cemento sobre algunos ladrillos vistos de la fachada y éste material fue utilizado para el tapiado de los dos accesos a los lados del acceso central a cota de la calle Virgilio como mortero de unión de la piedra, según el proyecto.



Además de este mortero de cemento, se han identificado otros tres tipos, a base de cal, gracias a la documentación de proyecto aportada por el EDILOG.

#### Mortero para juntas de fábrica:

Mortero a base de cal aérea de Casale con áridos de granulometría particular, que le confieren un efecto translúcido, adoptada también para aclarar la masa de ladrillos a través de la distribución de gránulos pétreos de coloración prevalentemente verde, color opuesto al de los ladrillos, que dan a los paramentos un efecto brillante.



### Morteros para enlucido:

Tipo 1: Mortero macroporoso a base de cal hidráulica natural obtenida por cocción de piedras calcáreas margosas, en hornos verticales, a estratos, con proceso lento de temperaturas alrededor de los 1.000 °C, compuesta por agregados carbonatados en curva granulométrica de 0 a 3 mm, puzolana micronizada y reguladores de la trabajabilidad naturales, secantes y modificadores con características finales de bajo módulo elástico y baja reactividad a las sales hidrosolubles.

Tipo 2: Mortero de cal hidráulica natural con alta adhesividad con granulometría de inertes similares a aquellos del enlucido original.

### *Breve descripción de las cales:*

#### Cal hidráulica:

Las cales hidráulicas se obtienen de la calcinación de rocas naturales calcáreas-margosas que contienen arcilla en porcentajes variables entre 6% y 20%. En su composición intervienen también los silicatos, aluminatos y ferritos de calcio. Éstas últimas le dan hidraulicidad a través de la carbonatación del hidróxido de calcio.

#### Cal aérea:

La materia prima de fabricación de la cal aérea es también la roca calcárea, pero con un contenido de carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ) superior al 95%. Todos los autores de los tratados antiguos y modernos coinciden en afirmar que la cal aérea es mejor cuanto más blanca sea la roca calcárea destinada a la calcinación. Las impurezas que se pueden encontrar derivan de la presencia del carbonato de magnesio y de fracciones silíceas o arcillosas cercanas a la calcárea. Al contrario que la cal hidráulica, la cal aérea, una vez mezclada con agua, puede endurecer tan sólo en contacto con el aire.

### *HORMIGONES*

En la escalinata se puede encontrar tanto hormigón vertido "in situ" como elementos de hormigón prefabricado.

Entre los elementos "in situ" se encuentran: el forjado de la rampa sur, la capa de compresión del forjado de la rampa norte, ambas losas de cimentación, pórticos de apoyo del forjado sur y respectivas cimentaciones. Por lo que respecta a los prefabricados: viguetas del forjado de la rampa sur y elementos de aligeramiento o bovedillas.

En la documentación de proyecto se han encontrado pocas informaciones al respecto, sólo directrices sobre los mínimos establecidos de resistencia característica para cada tipo de elemento "in situ":



- Hormigones de regularización:  $R_{ck} > 15 \text{ N/mm}^2$
- Cimentaciones:  $R_{ck} > 25 \text{ N/mm}^2$
- Estructuras armadas:  $R_{ck} > 25 \text{ N/mm}^2$

Las viguetas precomprimidas utilizadas son de la marca RDB CELERSAP P. de 9 x 12 cm, dispuestas de dos en dos.

#### 9.4. PINTURAS

Según la documentación del último proyecto realizado, las pinturas usadas en los acabados de las fachadas, son pinturas minerales a base de silicatos de potasio.

El silicato constituye el ligante. El elemento base, el silicio, es muy abundante en la naturaleza, pero no se presenta en estado libre, si no ligado al oxígeno, combinación conocida como sílice. La reacción de silicatización se forma en dos fases distintas, la primera cuando el silicato reacciona con el anhídrido carbónico del aire consolidándose y la otra ligándose químicamente al soporte a través de la reacción con el carbonato cálcico formando carbonato de potasio y silicato de calcio, liberando el agua.



Éste proceso permite la formación de un cuerpo único con el soporte. La reacción es mayor a mayor cantidad de calcio en el mortero. Estas pinturas son altamente transpirables.

#### 9.5. OTROS MATERIALES

##### *LÁMINA IMPERMEABILIZANTE*

La impermeabilización colocada bajo las losas de piedra que forman los peldaños de la escalera es de tipo bituminoso, con doble vaina y poliéster reforzado, de 4 mm de espesor.

##### *ARMADURAS*

Las armaduras presentes en el objeto de estudio son las siguientes:

- Armaduras para momentos negativos de  $\varnothing 14 \text{ mm}$
- Armaduras de reparto del forjado: red electrosoldada  $\varnothing 5 \text{ mm}/20 \times 20 \text{ cm}$
- Armaduras principales vigas de apoyo forjado sur:  $\varnothing 16 \text{ mm}$
- Armaduras principales y secundarias de pilares rampa sur:  $\varnothing 14$  e  $\varnothing 10 \text{ mm}$
- Armaduras para losa de cimentación: Mallazo doble 820

Todas las armaduras están realizadas en acero, que es una unión de hierro y carbono en la que este último no supera el 1,7%. El acero se caracteriza por un color gris más o menos brillante con textura granulosa homogénea. A menor dimensión de los granos, mayor calidad del metal. Funde a temperaturas menos elevadas que el hierro en proporción al porcentaje de carbono y del mismo modo crecen sus propiedades mecánicas como la resistencia, la elasticidad y la dureza, mientras disminuyen la maleabilidad y la ductilidad junto a la admisibilidad de soldadura.

El tipo de acero para todas las armaduras es **Fe B 44 K**.

#### *PLOMO*

Existe un elemento de plomo situado entre la fachada basamental de la escalinata y los elementos de piedra en su coronación. La función de esta chapa es la de parar la intrusión del agua hacia el interior del muro, es decir, desarrolla la función de goterón, ya que el vierteaguas de piedra situado por encima no tiene hendidura alguna en su cara inferior que cumpla ésta función.



#### *RESINAS EPOXÍDICAS*

Se han utilizado para la fijación de los pernos de apoyo indirecto de los forjados de rampa con el muro existente.

Las resinas epoxídicas son polímeros termoestables generalmente sintetizados a partir del bisfenol A y de la epocloridrina, los cuales se calientan en presencia de un endurecedor como la trimetilamina en grado de crear interacciones fuertes entre las cadenas formadas.

#### *NOTA SOBRE LOS MORTEROS Y PINTURA DE ACABADO:*

Los materiales mencionados anteriormente, se refieren al *Capitolato Speciale d'Appalto*, documentación de proyecto redactada a propósito para los últimos trabajos de intervención realizados sobre la escalinata monumental hacia el Po. A pesar de ello, no es posible garantizar que sea ésta la composición de los materiales puestos en obra, ya que la empresa adjudicataria de la obra tiene la obligación de respetar las pautas del proyecto pero finalmente es ella la que decide el producto específico a aplicar. Existen ciertas dudas de que el material de pintura sea el que dice la documentación de proyecto, ya que su comportamiento se aproxima más al de una pintura plástica que a la de silicatos, ya que no se ha unido con el soporte y no se desprende en modo disgregado sino a tiras.

En el siguiente apartado se ha realizado la caracterización de varias muestras de mortero y una de pintura.

## 9.6. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

Como ya se ha mencionado al inicio de éste capítulo, debido a ciertas incongruencias encontradas en relación al comportamiento de algunos materiales de revestimiento, se ha decidido realizar pruebas que determinen su composición real, con la intención de determinar si la empresa adjudicataria de los trabajos se ciñó al proyecto o por lo contrario, aplicó materiales no contemplados en éste.

Así mismo, algunos de los materiales encontrados en la escalinata no aparecían reflejados en proyecto, por lo que ésta caracterización ha ayudado a definirlos.

### 9.6.1. Muestra de pintura con Espectrometría IR

Las dudas sobre la fidelidad al proyecto por parte de la empresa que aplicó los productos surgen del comportamiento de la película pictórica, que se puede desprender a tiras en vez de disgregarse, como se puede ver en la fotografía de la derecha. Este comportamiento es más propio de la pintura plástica que de una pintura a base de silicatos.



La prueba de laboratorio realizada para el análisis de la muestra de pintura ha sido con el espectrofotómetro de transformada de fourier para determinar la presencia de material orgánico en la muestra. Esta prueba ha sido realizada por la Dra. Ing. Alessandra Formia en el laboratorio de Química del Politecnico di Torino.

El modelo de equipo utilizado es el **Thermo Nicolet 5700**.

Este instrumento está basado en el principio del interferómetro de Michelson, que funciona del siguiente modo: la radiación primero golpea a un divisor o separador que escinde el haz de la luz en dos partes iguales (espejo semirreflejante). Estos dos haces de luz interfieren en el divisor después en su viaje de vuelta cuando son reflejados sobre otros dos espejos. Uno dispuesto frente a la trayectoria del haz original (espejo móvil) y el otro perpendicular (espejo fijo). En esta trayectoria se dispone la muestra y a continuación el detector IR.



La intensidad resultante de la superposición de los dos haces se mide como función del desfase del espejo móvil en su desplazamiento respecto a la posición intermedia. El gráfico resultante (Intensidad vs. Desfase) se denomina interferograma.

La transformada de Fourier (o desarrollo en serie de Fourier) del interferograma es el espectro ordinario obtenido por aparatos convencionales IR.

### *Procedimientos utilizados y preparación muestras*

1: Análisis de pastillas. Los polvos se recogen con un escalpelo de la superficie de la muestra y se mezclan con bromuro de potasio (KBr). Estos polvos se comprimen para obtener tabletas o pastillas aplicando una presión de 10 toneladas. Se han analizado sucesivamente en la región  $4000-600\text{ cm}^{-1}$  con una resolución de  $4\text{ cm}^{-1}$ .

2: Análisis del estrato. La película de pintura se sumerge en una solución de acetona para determinar la presencia de componentes orgánicos. Esta solución se deposita sobre una pastilla de KBr y el análisis se lleva a cabo con el mismo método de funcionamiento que el anterior.

### *Resultados y conclusiones*

En el Anexo 07a se encuentra la ficha de la prueba con el punto de toma de muestra y los resultados aportados por la Dra. Ing. Alessandra Formia.

La pastilla analizada en la prueba 1, está compuesta únicamente por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en forma de calcitas. En cambio, en el análisis del estrato aparecen, aunque débiles, signos de policrilatos y de otros materiales aditivos en la mezcla.

Por la composición, puede tratarse de resinas acrílicas o de pintura a base de silicona. Por lo tanto se puede afirmar que no se trata de pinturas a base de silicatos como se indicaba en el proyecto de ejecución. No obstante, el comportamiento de las pinturas a base de silicona es plástico, y tiene una buena respuesta a la humedad gracias a su alta porosidad.

A pesar de los resultados, existe cierta incertidumbre, ya que se ha determinado que aunque éste material está presente, no es el único componente de la pintura. La determinación de los otros materiales dependerá de pruebas secundarias que a fecha de hoy no han sido programadas.

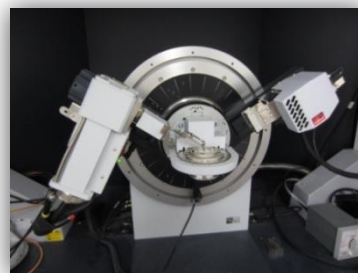
### 9.6.2. Muestras de mortero con Difractometría RX

La falta de información encontrada acerca de algunos morteros encontrados en la escalinata ha llevado a realizar análisis de muestras para la determinación de su composición. Por otro lado, los resultados obtenidos con la espectrofotometría de la muestra de pintura hacen dudar de la correlación entre los materiales en proyecto y aquellos que realmente fueron puestos en obra.

Para intentar resolver estas dudas se ha decidido analizar 7 muestras de mortero en el difractómetro a Rayos X.

El modelo del equipo utilizado es: **Bruker AXS D8 Advance**

El funcionamiento básico de la máquina consiste en la difracción de los Rayos X emitidos por un tubo de rayos,



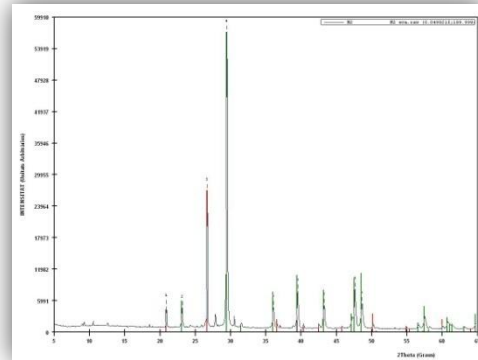


que inciden en la muestra y que llegan al tubo receptor con un ángulo diferente. A la misma intensidad de Rayos X, cada componente tiene un ángulo diferente de difracción. Lo que hace el difractómetro es ajustar un ángulo de difracción constante y por lo tanto, lo que cambia es la intensidad, generándose de este modo la gráfica de difracción.



En el ejemplo de la derecha se pueden ver claramente los picos de variación de la intensidad del rayo.

Son estos picos los que ayudarán a caracterizar la muestra, ya que serán comparados con una base de datos de gráficas de componentes ya definidos para intentar identificar los de la muestra analizada.



#### Procedimientos utilizados y preparación muestras

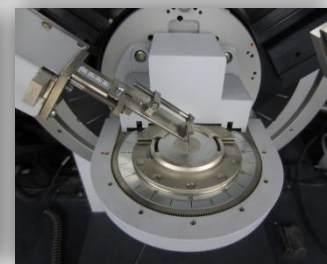
1. Machacado de muestras en mortero hasta su reducción a polvo. En el caso de encontrar áridos gruesos difíciles de moler, se retiran.



2. Colocación del polvo de la muestra en el portamuestras, previamente preparado con un portaobjetos de cristal pegado debajo, para contener la muestra.



3. Una vez se haya llenado el portamuestras, se cubrirá con otro porta de cristal para conseguir la correcta distribución de los granos de la muestra en todo el espacio.



4. Colocación de la muestra en el soporte con resorte y colocación del elemento superior de cierre.

5. Posicionamiento del soporte, con la muestra dentro del difractómetro, que está imantado atrae el soporte hasta fijarlo y alineación de los ejes del soporte con la máquina.

6. Determinación del patrón y activación del proceso. El patrón de trabajo elegido para todas las muestras ha sido de 20 minutos de tiempo y sin realizar giro.

Durante el trabajo la máquina adquiere información de la intensidad del rayo a ángulo constante que va reflejando en una tabla. El programa que permite establecer las características del proceso y la obtención de la gráfica se llama xRD Commander.

A continuación, para la determinación de los componentes de la muestra, es necesario realizar una serie de pasajes con 3 programas informáticos más:

EVA permite abrir la grafica generada por el xRD Commander y transformar su formato para hacerla trabajable en DRX Win 2.3., programa que permite determinar lo picos de intensidad de la gráfica obtenida y que a través de un subprograma llamado CreaFit permite comparar dichos picos que se seleccionen de la gráfica con una base de datos de gráficas de distintos materiales.

Cada componente químico, repite siempre la misma gráfica por lo que la comparación de los picos obtenidos con aquellos que se encuentran en la base de datos permite determinar de qué componente se trata.

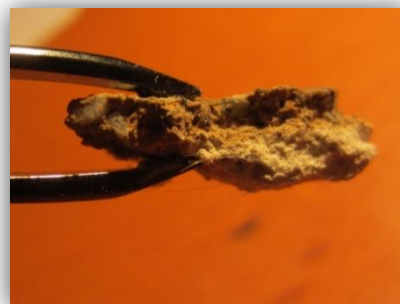
En ocasiones, una vez determinados varios componentes en una misma gráfica, puede suceder que todavía existan picos sin determinar y esto puede ser debido al contenido de impurezas.

#### *Resultados y conclusiones*

En el Anexo 08b se encuentran las fichas de resultados de cada muestra dónde se especifica también el punto y la fecha de toma y de realización de la prueba. El contenido de calcitas en las 7 muestras, determina que se tratan todos de morteros a base de cal.

De la observación de las gráficas obtenidas, se puede afirmar que los componentes principales de la muestra 1 (mortero de unión de materiales pétreos) y de la muestra 2 (mortero de sellado de junta entre barandilla y peldaños) son los mismos: la calcita y el cuarzo. La variación de color entre éstos dos materiales se deberá a la variación en los áridos empleados y a posibles impurezas. La muestra 1, es de color blanco, posiblemente debido a la inclusión de polvo de mármol en su composición y la muestra 2 es de color gris oscuro.

La muestra 3 es un mortero de revestimiento utilizado para el tapiado de los dos accesos secundarios del cuerpo emergente central. La comparación de la gráfica obtenida con el difractómetro, ha permitido identificar dos componentes, que son los mismos que las dos muestras anteriores, pero existe sin embargo, una serie de picos, de entre los cuales el mayor, que no ha sido posible identificar en la comparación con las gráficas de la base de datos. Ésta muestra era bastante peculiar porque se identificaban tres capas bien diferenciadas de color. Muy probablemente éste mortero sea de tipo MAPEI-Antique, que se aplica en tres capas, que tienen una coloración



diferente para asegurar una disposición homogénea. A pesar de haber barajado ésta posibilidad el análisis con difractómetro se ha realizado sólo a la capa exterior ya que se ha demostrado la parte más trabajable. El estrato interno, de color blanco, tiene un alto contenido en microfibras que dificultaban la colocación de la muestra en el porta muestras. Por coloración y apariencia podría tratarse de un mortero de yeso o de uno mixto de cal y yeso, de empleo habitual en las construcciones históricas.

Las muestras 4 y 5, han dado lugar a gráficas iguales ya que provienen de la fachada del cuerpo áulico, la 4 de su parte norte y la 4 de su parte sur. En éste caso el único componenete (obviando los picos bajos de impurezas) es la calcita.

Las muestras 6 y 7, provenientes ambas del mortero de revoco de la parte basamental de la fachada de la escalinata, han dado lugar a gráficas similares, dónde se han encontrado calcita, cuarzo y dolomitas.





## 10. IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS



## 10. IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS

*En éste capítulo se describen los daños y problemas que han generado la degradación de la escalinata.*

*En primer lugar serán identificadas las patologías presentes en las zonas revocadas y en los elementos de piedra y posteriormente los problemas derivados de una mala ejecución.*

*Con la intención de conseguir dar las soluciones más adecuadas a cada problema encontrado, las inspecciones visuales estarán respaldadas por pruebas de diagnóstico (Capítulos 12 y 13), que ayudarán a conocer en un mayor grado el objeto de estudio.*

### 10. 1. MAPEO DE PATOLOGÍAS EN LA ESCALINATA

#### 10.1.1. Términos, definiciones y representación gráfica.

A continuación se describen los tipos de patología encontrados sobre la zona exterior de la escalinata y la correspondiente representación gráfica adoptada para el mapeo. Las patologías se definen en la norma UNI:11182:2006<sup>1</sup>. En el caso de las representaciones gráficas, como la norma UNI no da directrices específicas, se han empleado los símbolos de representación comprendidos en la NORMAL 1/88<sup>2</sup> que actualmente ya no está en vigor.

La norma UNI ha añadido más definiciones a aquellas ya citadas por la Normal, por lo tanto las representaciones gráficas no presentes en la Normal, se han realizado con una simbología elegida de acuerdo en el estilo del resto de símbolos.



**Mancha:** *“Variación cromática localizada de la superficie, relacionada tanto a la presencia de determinados componenetes naturales del material (por ejemplo concentracín de piritas en los mármoles) como a la presencia de materiales INTRUSOS (agua, productos de oxidación de materiales metálicos, substancias orgánicas, pinturas, microorganismos, etc).”*



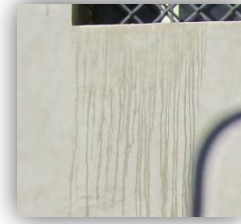
<sup>1</sup> UNI 11182:2006 Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Descrizione della forma di alterazione - Termini e definizioni

<sup>2</sup> NORMAL 1/88. Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: lessico. Sostituída por la norma UNI 11182:2006



**Coladura:** "Trazos de lavado en dirección vertical. A menudo aparecen se originan varias dispuestas paralelamente."

Se puede producir por el efecto de la lluvia sobre una superficie con suciedad.

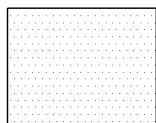


**Colonización biológica:** "Presencia macroscópica de micro y macroorganismos (algas, hongos, líquenes, musgos, plantas superiores)."

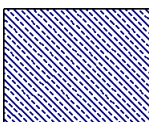
Ésta definición se ha mantenido en el mapeo para aquellas alteraciones en las que el área está sujeta a la presencia de musgos o líquenes y por lo tanto, de microorganismos ya que la siguiente definición ya engloba los organismos vegetales de mayor entidad.



**Presencia de vegetación:** "Presencia de individuos herbáceos, arbustivos o arbóreos."



**Costra:** "Modificación del estado superficial del material. De espesor variable y generalmente dura, la costra se distingue del soporte por las características morfológicas y a menudo por el color. Puede espontáneamente desprenderse del substrato, que por lo general, se presenta disgregado o polvoriento."



**Degradación diferencial:** "Pérdida de material de la superficie que evidencia la heterogeneidad de la tesitura de la estructura. En el caso de los revocos, puede asumir una forma característica 'a roseta'."



**Depósito superficial:** "Acumulación de materiales intrusos de diferente naturaleza, como polvo, tierra, abono, etc. Puede tener espesor variable y generalmente escasa adherencia y coherencia con el material soporte."







**Separación del soporte:** *"Solución de continuidad entre estratos de un revestimiento continuo, ya sea entre ellos que respecto al soporte, que antecede, generalmente, a la caída de éstos estratos."*



La definición de separación del soporte se ha mantenido en el mapeo para aquellos fenómenos detectados en los que estrato de pintura o de mortero aparece separado del soporte o de otros estratos por una de sus partes.

Por otro lado, para aquellas separaciones que todavía no son evidentes por no tener visiblemente uno de sus extremos separado del soporte se ha preferido usar el término "hinchazón o hinchamiento", que antecede un desprendimiento de material.



**Hinchazón:** *"Levantamiento o hinchazón superficial localizada en un material, con forma y consistencia variables."*



**Eflorescencia:** *"Formación superficial de aspecto cristalino o pulverulento o filamentosos, generalmente blanquinoso."*

La eflorescencia es un fenómeno que se verifica cuando las sales solubles presentes en el agua contenida en el muro, salen a la superficie por efecto de la humedad y cristalizan sobre el paramento. Se han obviado las llamadas criptoeflorescencias, es decir, aquellas eflorescencias no visibles desde el exterior que podrían encontrarse bajo las zonas hinchadas. Como su existencia sólo puede ser hipotizada se ha preferido esperar a la caída del estrato superficial que las pudiera cubrir.

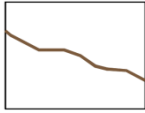


También existen eflorescencias leves en los ladrillos macizos de los muros de nueva construcción bajo la rampa norte. Éstas eflorescencias se pueden deber tanto a la composición de los áridos, como a la del mortero ya que se han notado tanto en el centro de las piezas como en los bordes.



**Erosión:** *"Desaparición de material de la superficie que en la mayor parte de los casos se presenta compacta."*

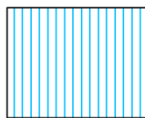
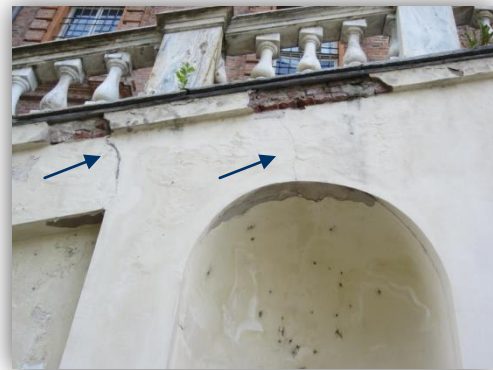
La erosión es un fenómeno exógeno que tiene como efecto la desaparición gradual de partes superficiales del elemento a causa de agentes atmosféricos como el viento, el agua, el hielo o por efecto de partículas en movimiento o de organismos vivos.



**Fractura o fisura:** "Solución de continuidad en el material que implica la separación recíproca de las partes."

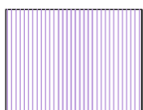
Existen pequeñas grietas por toda la superficie de la zona de encuentro de las escaleras con la fachada del Cuerpo Aulico. Estas pequeñas fisuras pueden deberse a dilataciones o ciclos de hielo-deshielo de materiales de revestimiento continuo como los morteros o las pinturas. Por otro lado, existen fisuras de entidad intermedia en la fachada del muro basamental de la escalinata que corresponden sólo a los estratos superficiales y no al soporte, ya que no se han encontrado por el intradós del muro.

Por último, las fracturas de mayor entidad se han encontrado en los peldaños de la escalinata. Estas fracturas han dividido en dos algunas placas monolíticas. Éstas grietas pueden deberse a un asentamiento del terreno bajo una parte de la cimentación.

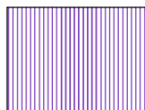


**Frente de humedad capilar:** "Límite de migración del agua que se manifiesta con la formación de eflorescencias y o pérdida de material. Viene generalmente acompañado de variaciones de la saturación del color en la zona que se encuentra por debajo."

La humedad capilar se tratará en profundidad en el punto 11.2. de éste capítulo donde se tratarán los diferentes tipos de humedad identificados en el objeto de estudio.



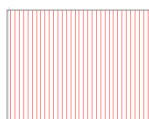
1er grado



2º grado

**Laguna:** "Pérdida de continuidad de superficies (parte de un revestimiento continuo o de un fresco, partes de revestimiento cerámico, piezas de mosaico, etc.)."

En éste caso de estudio se ha considerado que existe una laguna tanto cuando haya una pérdida del estrato pictórico o de un estrato superficial de revestimiento continuo como cuando haya pérdida de material de revestimiento de mayor entidad. Se han establecido dos niveles determinando como Laguna del 1º grado a aquellas en las que si ha producido una pérdida de estratos superficiales y como 2º grado cuando hay una falta total del estrato de revestimiento y por lo tanto, queda a la vista el soporte.



**Falta de material:** *"Pérdida de elementos tridimensionales (asa de un ánfora, brazo de una estatua, elemento de decoración en relieve, etc.)."*

El término falta, será utilizado para los elementos pétreos dónde una parte de ellos se haya desprendido, como se puede ver en la fotografía de la derecha.



**Astillamiento:** *"Presencia de partes con forma irregular, espesor consistente y no uniforme, llamadas escamas u hojuelas, generalmente en correspondencia de soluciones de continuidad del material. "*

Los elementos de piedra de Cumiana tienen un aspecto astillado o desescamado superficial, que es característico de este material que será tenido en cuenta en casos de astillamiento de mayor entidad.



Las definiciones anteriores, en cursiva, han sido traducidas de la norma UNI 11182:2006.

#### 10.1.2. Mapeo de patologías en materiales pétreos:

El mapeo de las alteraciones detectadas en los elementos pétreos de la balaustrada de a escalinata se ha realizado detalladamente, pieza por pieza, y se encuentra en las fichas de patología que se pueden encontrar en el Anexo 08a. En estas fichas se propone un análisis individual de piezas de pasamanos, balaustres, basamentos y pedestales. Las patologías detectadas en las lastras de piedra de los peldaños serán señaladas en planta junto con el mapeo del punto siguiente en el Anexo 08b.

A continuación, se presenta la ficha tipo utilizada para describir las alteraciones de los elementos pétreos.

FICHA DE ANÁLISIS DEL DEGRADO				BS001	
ELEMENTO EN ESTUDIO: Balaustre BS001				<input type="radio"/> B <input type="radio"/> R <input type="radio"/> M <input checked="" type="radio"/> s <input type="radio"/> n	
SITUACIÓN EN PLANTA Y ALZADO:					
PATOLOGÍA EXISTENTE:				ELEMENTO SUSTITUIDO:	
				<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Base: restauraciones antiguas Fuste: 1960	
Alzado Este   Foto Alzado Este   Alzado Oeste   Foto Alzdo Oeste				MATERIAL DE COMPOSICIÓN:	
<b>LEYENDA:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Depósito superficial <input checked="" type="checkbox"/> Costra <input checked="" type="checkbox"/> Degradación diferencial <input checked="" type="checkbox"/> Colonización biológica				(no original) Pieza base: Verzino de Frabosa Fuste + Capitel: Mármol de los Alpes Apuanos	
ESCALA: 1:10				DENOMINACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS:	
<b>DESCRIPCIÓN DE LOS FENÓMENOS PRINCIPALES:</b> La degradación diferencial es la pérdida de material de la superficie que evidencia la heterogeneidad de la tesitura de la estructura. La costra es una modificación del estrato superficial del material lapideo que puede desprenderse del soporte. Es reconocible por su color oscuro.				Deposito superficial, Degradación diferencial, costra negra y colonización biológica.	
<b>HIPÓTESIS DE LAS CAUSAS:</b> Costra: lavado continuo de la piedra Degradación: Erosión de viento lluvia y partículas Depositos: partículas en suspensión en el aire   Colonización biológica: Humedad				SITUACIÓN PRINCIPAL DEL DEGRADO: Basamento, capitel y parte baja del fuste.	
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:</b> BROTO Carles, <i>Enciclopedia Brotó de Patologias de la Construcción</i> . MONJÓ CARRIÓ Juan, <i>Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos</i> , Editorial Munilla-Lería, 1994, Madrid BLANCO Giorgio, <i>Dizionario dell'architettura di pietra</i> , Carocci, 1999, Roma				ANEXO: <b>08</b> a   HOJA: <b>01</b>	

Sustitución:  
sí o no

Estado de conservación:  
Bueno  
Regular  
Malo

Elemento ya sustituido:  
sí o no

Anexo al que pertenece  
Hoja dentro del anexo

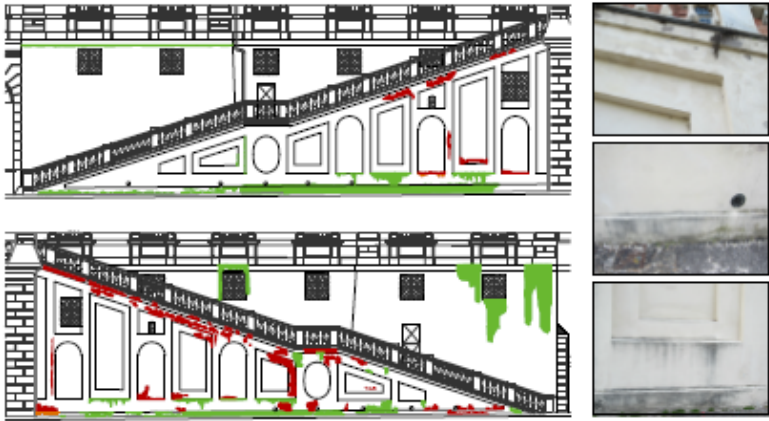

Se ha decidido determinar el el tratamiento de restauración a aplicar en el capítulo de la propuesta de intervención, dónde se establece una intervención diferente según si su estado de conservación es Bueno, Regular o Malo.

### 10.1.3. Mapeo de patologías de las partes a revestimiento continuo:

Además de las fichas de los elementos pétreos presentadas en la sección anterior, en septiembre de 2012 se realizó un mapeo general de patologías de la fachada basamental de la escalinata y de la fachada del cuerpo áulico con la intención de conocer con un mayor detalle su estado de conservación.

En el Anexo 08b se encuentra dicho mapeo que representa gráficamente las patologías citadas en el punto 1 de ésta sección.

En este caso, tratándose de superficies continuas y no de elementos individuales (como en el caso de los pétreos), se ha decido realizar una ficha por cada patología indicando en ella las zonas afectadas y las posibles causas que la originan. Estas fichas se encuentran en el Anexo 08c, pero a continuación se presenta el modelo tipo que han respetado.

FICHA DE PATOLOGÍA	MANCHAS
<p>La degradación diferencial es la pérdida de material de la superficie que evidencia la heterogeneidad de la textura de la estructura. La costra es una modificación del estrato superficial del material lapídeo que puede desprenderse del soporte. Es reconocible por su color oscuro.</p>	
<p>SITUACIÓN DEL FENÓMENO:</p> 	
<p>La distribución de las manchas coincide en su mayor parte con la franja situada bajo la barandilla de piedra y con la franja inferior de la fachada. No obstante también aparecen en algunas molduras decorativas y alrededor de algunas ventanas del cuerpo áulico.</p>	
<p>HIPÓTESIS DE LAS CAUSAS:</p> <p>Los fenómenos clasificados como manchas pueden tener causas muy diversas. Aquellos señalados en rojo en el esquema superior, pueden estar ocasionados por agua desde el interior del muro o por falta de volado en el vierteaguas de la base de la barandilla. Aquellos en verde por el lavado del paramento a causa de la lluvia, proceso en el que arrastra partículas de pintura o suciedad.</p>	
<p>PROPUESTA DE SOLUCIONES:</p> <p>En el caso de las manchas producidas por la salida de agua desde el interior del muro, será necesario eliminar en primer lugar las causas de dicha humedad, realizando de nuevo la impermeabilización de la escalera. Las producidas por el lavado de la superficie, si no existe daño del revestimiento, deberán ser limpiadas con un procedimiento adecuado.</p>	
<p>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:</p> <p>BROTO Carles, <i>Enciclopedia Bratá de Patologías de la Construcción</i>.  MONJÓ CARRIÓ Juan, <i>Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos</i>, Editorial Munilla-Lería, 1994, Madrid</p>	
 <p>ESTUDIO SOBRE LOS PROBLEMAS DE CONSERVACIÓN DE LA ESCALINATA HACIA EL RÍO PO DEL CASTILLO DEL VALENTINO DE TORINO  FFG modalidad Internacional patrimonio del mundo</p> <p>ANEXO 08b HOJA 01</p>	

La estructura de la ficha es similar a la descrita anteriormente para los pétreos.

En primer lugar se describe el fenómeno en examen y se indica y describe su situación. A continuación, se intentan determinar las causas que han provocado dicho fenómeno.

Por último se describe brevemente la posible solución.

En el capítulo de la propuesta de intervención se describirán con mayor profundidad las soluciones elegidas para resolver todos los problemas encontrados en este estudio.

## 10. 2. PROBLEMAS DE EJECUCIÓN

A continuación se describen los problemas surgidos a raíz de una ejecución deficiente, identificados e hipotizados en las diversas inspecciones visuales y por lo tanto producto de un juicio basado en la observación del objeto de estudio.

Estas hipótesis serán comprobadas en la fase de diagnóstico y sucesivamente reafirmadas o negadas, dado el caso, en el capítulo de las conclusiones sobre las pruebas de diagnóstico.

### Escorrentía de las aguas pluviales

Se decidió realizar una inspección un día de lluvia intensa para verificar el recorrido de evacuación de las aguas. Se ha podido notar que la dirección principal de escorrentía del agua es hacia la balaustrada y sucesivamente hacia abajo, de escalón en escalón. Además, se ha comprobado que el día después de una jornada de lluvia la parte interna de algunos peldaños permanece encharcada. En ocasiones hasta cinco días.



Éstas dos situaciones llevan a pensar que la evacuación de las aguas en éste modo haya sido inducido por el hecho de que los escalones han sido posicionados con pendientes incorrectas y por lo tanto el agua discurre primero hacia la barandilla en vez de hacia abajo de peldaño en peldaño.

En el capítulo 12, se explicará el procedimiento que se ha seguido para comprobar ésta hipótesis.

### Realización incorrecta de la impermeabilización

En este caso, se podría decir que no se trata de una hipótesis sino de una afirmación, ya que se pueden ver claramente algunos de los errores de ejecución cometidos en el posicionamiento de la lámina impermeabilizante.

En primer lugar, el material de sellado de la lámina en contacto con los pétreos de la balaustrada es escaso o inexistente. Éste punto, teniendo en cuenta la hipótesis anterior de las pendientes de los peldaños, puede ser un punto crítico de infiltración del agua hacia el interior del muro de apoyo. Además de éste problema,



como se puede ver en la fotografía, la terminación de la lámina en ese modo no es la más adecuada ni estética para un elemento de interés cultural como es el Castillo el Valentino.

Por otro lado, la canaleta de recogida de las aguas provenientes de la lámina impermeabilizante y de los peldaños es inexistente. Sobre la rampa sur la impermeabilización termina directamente en el terreno y en la rampa norte, como se puede ver en las fotografías a continuación, sale a la superficie directamente sobre el primer peldaño.



Por último, la acera contigua al primer peldaño, tiene su punto más bajo, justamente donde se encuentra el peldaño, por lo tanto, el agua que sale entre los dos peldaños recogida por la lámina impermeabilizante, permanece allí hasta su evaporación, ya que no encuentra otra vía de evacuación.

En capítulos sucesivos se intentará dar una solución a todos éstos problemas derivados de una ejecución incorrecta.

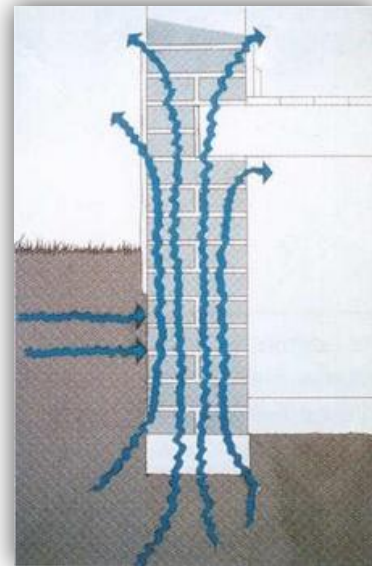
### **Humedad**

Uno de los problemas más graves derivados de los errores de ejecución de los elementos constructivos es la humedad. Los dos problemas mencionados anteriormente podrían haber agravado la predisposición de los puntos críticos de la escalinata a dejar pasar el agua hacia el interior y por lo tanto a aumentar su infiltración en muros y otros elementos, como forjados y vigas.

El agua representa el agente de degradación más importante de los materiales constructivos. Ésta ejerce una acción directa de erosión, solubilización, ablandamiento y expansividad en caso de hielo. Además, el agua ejerce una acción indirecta transportando sales y ácidos agresivos, expansivos, provenientes del suelo o de la atmósfera, capaces de producir eflorescencias. Éstos agentes son en parte de origen natural pero principalmente originados por la actividad humana.

*Humedad capilar*

Debido a la acción capilar, la humedad se eleva a partir de la cimentación y se manifiesta en la zona inferior de los muros. El grado de elevación de la humedad depende de la presencia de agua en el subsuelo, la porosidad y la capacidad de absorción de los materiales de construcción y de los fenómenos atmosféricos y de temporada, Por lo que el nivel de la humedad puede aumentar en los meses fríos o lluviosos, a causa de la poca evaporación.



EL muro se comporta como una bomba que funciona a través de la evaporación del agua del muro húmedo. Dicho muro, en contacto en el aire de los ambientes internos o externos, evapora agua a través del revoco, lo que atrae más agua de las cimentaciones hacia arriba.

Los verdaderos daños en los muros como los desconches de pintura y enlucido o ladrillos que se corroen, se origina por las sales presentes en el terreno.

En la tabla de la derecha se muestran las sales más peligrosas que se pueden encontrar en el terreno.

Cuando llega al material de enlucido, el agua se evapora mientras las sales se quedan y cristalizan. Éstas con el tiempo, obstruyen el enlucido, convirtiéndolo prácticamente en material impermeable e impidiéndole transpirar.

<b>Solfati</b> MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10H <sub>2</sub> O 3CaOAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaSO <sub>4</sub> 32H <sub>2</sub> O	Sal amargo, sulfato de magnesio yeso, sulfato de calcio sal de Glauber, sulfato de sodio etringa
<b>Nitrati</b> Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 4H <sub>2</sub> O 5Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 4NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> 10H <sub>2</sub> O	Nitrato de magnesio nitrato de calcio nitrato de calcio y amonio
<b>Cloruri</b> CaCl <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O NaCl	Nitrato de calcio sal, cloruro de sodio
<b>Carbonati</b> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 10H <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> CaCO <sub>3</sub> Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	soda, carbonato sodico potasa, carbonato de potasio calcita, carbonato de calcio

Los daños más importantes causados por la humedad capilar son:

-Estructurales: Las sales se disuelven en el agua que asciende por el interior de los muros hasta llegar a la superficie. Como ya se ha dicho, aunque el agua se evapora, las sales continúan acumulándose y cristalizan. En éste proceso, las sales aumentan de volumen y causan un empuje sobre los materiales de revestimiento que llevan a un debilitamiento de la estructura.

-Estéticos: Manchas de humedad, presencia de moho, pérdida de estratos de revestimiento, eflorescencias salinas y caída total del material de acabado por el empuje de las sales.

En las distintas inspecciones se ha podido identificar una franja de humedad capilar en la parte baja del muro basamental de la escalinata.





Ésta franja es visible sobre los tabiques de tapiado de los dos accesos laterales del cuerpo emergente central de ladrillo y en el intradós del muro basamental de la rampa sur. En la rampa norte, los nuevos tabiques de ladrillo macizo que doblan los muros existentes impiden ver dicho muro y por lo tanto no se ha podido verificar en ésta zona. Tampoco aparecen signos de éste tipo de humedad en la parte baja de la fachada basamental de la escalinata. Ésto podría deberse probablemente a que, según el proyecto de 2003, se ha aplicado un material de enlucido macroporoso para favorecer la evaporación.

Además de las zonas revocadas, se pueden observar signos de la humedad capilar en algunos ladrillos vistos que se han desintegrado debido a la putrefacción causada por la saturación de agua, como se puede ver en fotografía de arriba a la derecha. Los ladrillos tienen una gran capacidad para mantener el agua retenida ya que son altamente porosos. Esto favorece la cristalización de sales solubles en su interior y su consiguiente desintegración.

#### *Humedad de infiltración*

Se produce por la penetración de agua hacia el interior de los muros y elementos constructivos a través de puntos mal ejecutados que se encuentran en zonas superiores. En el caso del objeto de estudio, ésta humedad accede al interior de los elementos constructivos que se encuentran por debajo como el muro original de basamento de la escalinata o el forjado de la rampa de escalera. El agua penetra a través de puntos críticos de encuentro de elementos que se hayan ejecutado en un modo incorrecto, como puede ser el encuentro entre las placas de piedra de los peldaños y la blaustrada de mármol.

La humedad infiltrada desde la coronación del muro en diversos puntos, como se puede ver en las fotografías.



Otro posible punto de infiltración, puede ser la zona del goterón bajo la balaustrada, ya que si las piezas vierteaguas no tienen el vuelo necesario y la hendidura que corta el retorno del agua hacia la pared es inexistente, cabe la posibilidad de que el agua penetre en el muro por éste punto.



Así mismo, el elemento de plomo añadido para reforzar la función de goterón necesitó de una roza bajo el vierteaguas para embeberlo en el muro y si el sellado no se hubiera realizado en el modo correcto, en éste lugar se encontraría otro punto crítico.

Además, en la última inspección realizada bajo la rampa sur, se ha verificado el avanzado estado de afección de algunas zonas en particular, donde el agua infiltrada ha corroído las armaduras del forjado.

Ésta oxidación lleva al aumento de volumen de las armaduras y por lo tanto a una rotura y posterior caída del hormigón.



Como se puede ver en las fotografías, en algunos casos el hormigón se ha desprendido dejando a la vista las armaduras corroídas, pero también mostrando que el recubrimiento mínimo de hormigón en las armaduras, no ha sido respetado, ya que se trataba de una fina capa de menos de 1 cm. Debido a que esta patología ha surgido en el último período de realización del estudio, no se puede determinar a simple vista si la oxidación se debe a un ataque por cloruros, a la carbonatación del hormigón o a la simple corrosión de las armaduras a causa de la penetración del agua y otros agentes contaminantes, ya que todavía son visibles pocos tramos de armadura.

Para determinar si el hormigón está carbonatado, sería necesario realizar una prueba con solución de fenolftaleína, en la que, de tomar color violeta la muestra, indicaría un pH superior a 9,5 y por lo tanto, que el hormigón está carbonatado.

Este tipo de humedad puede causar daños estructurales tan graves como los causados por la humedad capilar, ya que la penetración del agua en elementos estructurales puede ocasionar graves problemas de estabilidad.

Causa también importantes daños estéticos como se puede ver en la fotografía de la derecha causados en su mayor parte por las sales solubles contenidas en el agua que penetra en el muro. Según el estado de degradación de la zona, puede aparecer en forma manchas, lagunas de material, eflorescencias, colonización de microorganismos o plantas superiores, etc.



#### *Humedad de condensación*

La humedad de condensación es aquella que se crea en el interior de los locales, sobre todo en las zonas poco ventiladas o en proximidad de muros más fríos, debido a la condensación (paso de forma gaseosa a líquida) del vapor de agua presente en las habitaciones.

Normalmente se manifiesta en forma de gotas sobre el pavimento, mohos en los muros y del consiguiente mal olor de los ambientes.

En el objeto de estudio se ha podido verificar la formación de una película de vapor condensado sobre elementos plásticos como bajantes o cajas de electricidad. Además se ha comprobado la acumulación de gotas condensadas en la cara inferior del forjado de hormigón armado y las consiguientes marcas del goteo en el suelo, como se puede ver en las fotografías que se muestran a la derecha.



#### **Asiento diferencial de la cimentación**

En el mapeo de la degradación ya se ha plasmado gráficamente la situación exacta de las fracturas que dividen en dos las placas de gneis de los peldaños de la escalinata y ahora se intentará determinar a qué puede ser debido.

En el primer tramo de la rampa sur (desde la acera) se puede apreciar que existe un trazado continuo por lo que se refiere a las fracturas en los elementos de piedra. No se ha



podido comprobar si estas fracturas existían ya antes de los trabajos de 2000/2001, pero sí se ha podido comprobar que tres de los cuatro elementos que fueron sustituidos en 2003/2004, también están fracturados. Ésto lleva a pensar de la existencia de un posible asiento del terreno o del descenso de la cimentación por una pérdida de masa debido a la humedad.

Así mismo, en la documentación de proyecto relativa a los trabajos de 2003/2004, se describe la realización de un recalce del muro basamental a través de un cordón de refuerzo en hormigón armado, realizado bajo el muro. Esta intervención preveía la colocación de placas de piedra de Luserna en sustitución de la acera actual, de cemento, una vez realizado dicho recalce. Que esta sustitución no fuera realizada lleva a generar dudas sobre la realización del recalce. Otra posibilidad sería que se hubiera hecho el recalce pero que la acera hubiera sido acabada en cemento de nuevo. De todos modos, en este caso, la rotura de los peldaños mencionada anteriormente podría indicar que el recalce no fue efectivo.

En el siguiente esquema se ha marcado la posible zona ligeramente asentada. Sobre la fachada basamental se distinguen algunas grietas, que a pesar de su pequeña entidad, podrían dar indicios de éste asiento.

La producción de las fracturas de las placas puede haberse producido más cerca de la fachada del cuerpo áulico debido a que en ésta fachada, están embebidas unos 20-30 cm y en el otro muro, simplemente apoyadas.

En la propuesta de intervención se tratará de dar una solución a éste problema.



### Problemas secundarios

*Ejecución incorrecta de los encuentros en las bajantes que discurren bajo la escalinata*

Se puede apreciar el escape a través de juntas en materiales de bajantes, que no se han unido o sellado en el modo correcto.

Estos errores acentúan más todavía la cantidad de agua que empapa los elementos constructivos un día tras otro.



### *Recorrido de evacuación impracticable*

Aunque no se trata de un problema causado por un error en la ejecución, se ha querido incluir en la problemática de la escalinata una situación que se ha comprobado en las varias inspecciones efectuadas.

El *Decreto Ministeriale del 18/09/2002* establece que "las puertas de emergencia deberán abrirse hacia el exterior y no deberán estar cerradas, de forma que cualquier persona que necesite utilizarlas en caso de urgencia pueda abrirlas fácil e inmediatamente".



Todas las puertas que desembocan en la escalinata han sido adaptadas conforme a la normativa contra incendios italiana, con fácil apertura hacia el exterior. A pesar de ésto las puertas que evacúan a los rellanos intermedios de las dos rampas de escalera están cerradas con un pestillo, que en ocasiones aparece bloqueado por un candado.

Las puertas que comunican la Sala de las Columnas con la escalinata no tienen bloqueo alguno en su estructura que impida la evacuación. Sin embargo, después de las puertas, existen unas verjas de forja que siempre están cerradas con cadena y candado, por lo que la efectividad de las puertas de evacuación desaparece de éste modo.

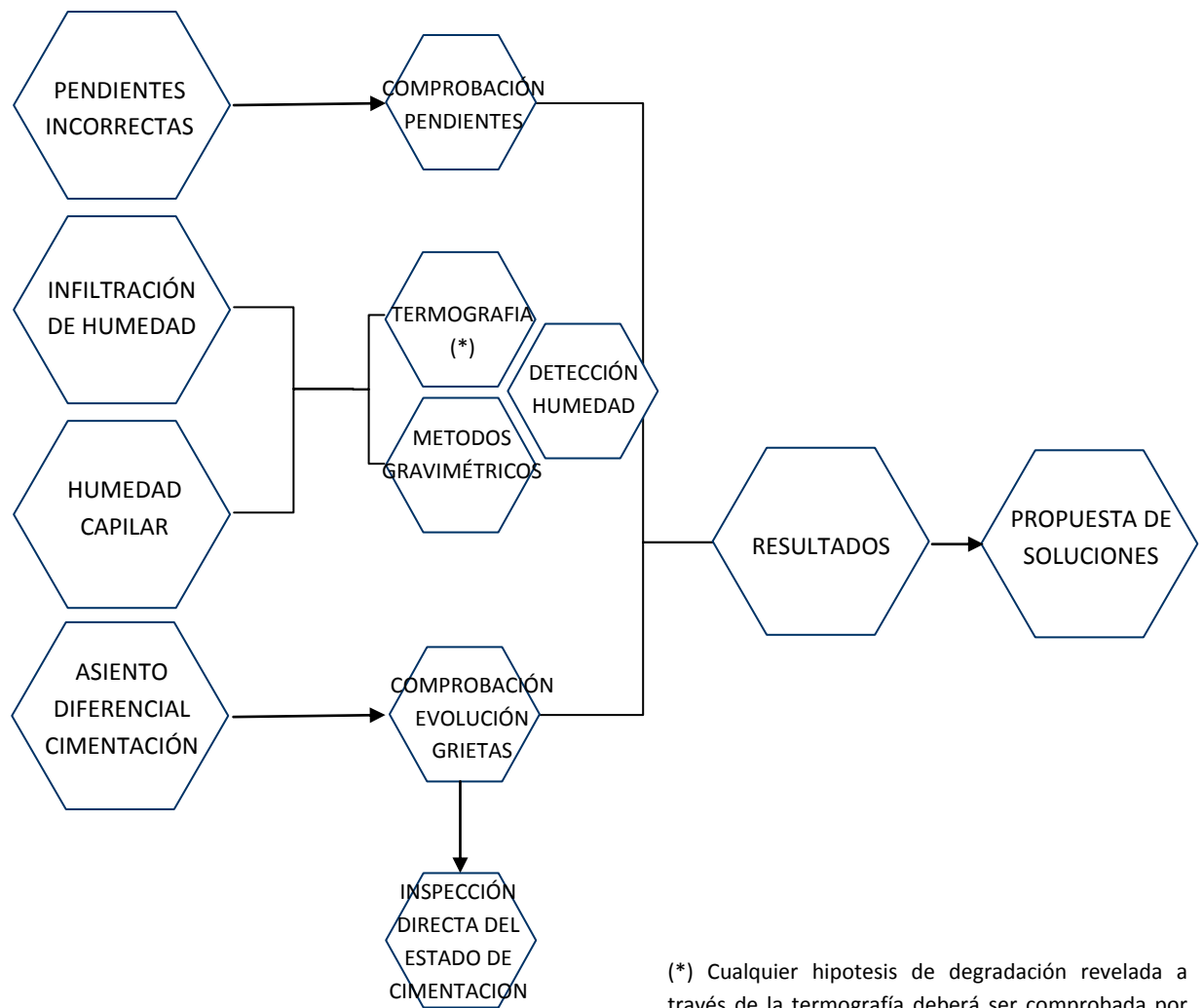
### Resumen final de los problemas encontrados

Tras la identificación de los problemas que se acaban de citar se ha llegado a una lista de **hipótesis**. Algunas de ellas son ciertas sin necesidad de realizar comprobación alguna, ya que son más evidentes pero otras necesitan de procedimientos secundarios que las demuestren.

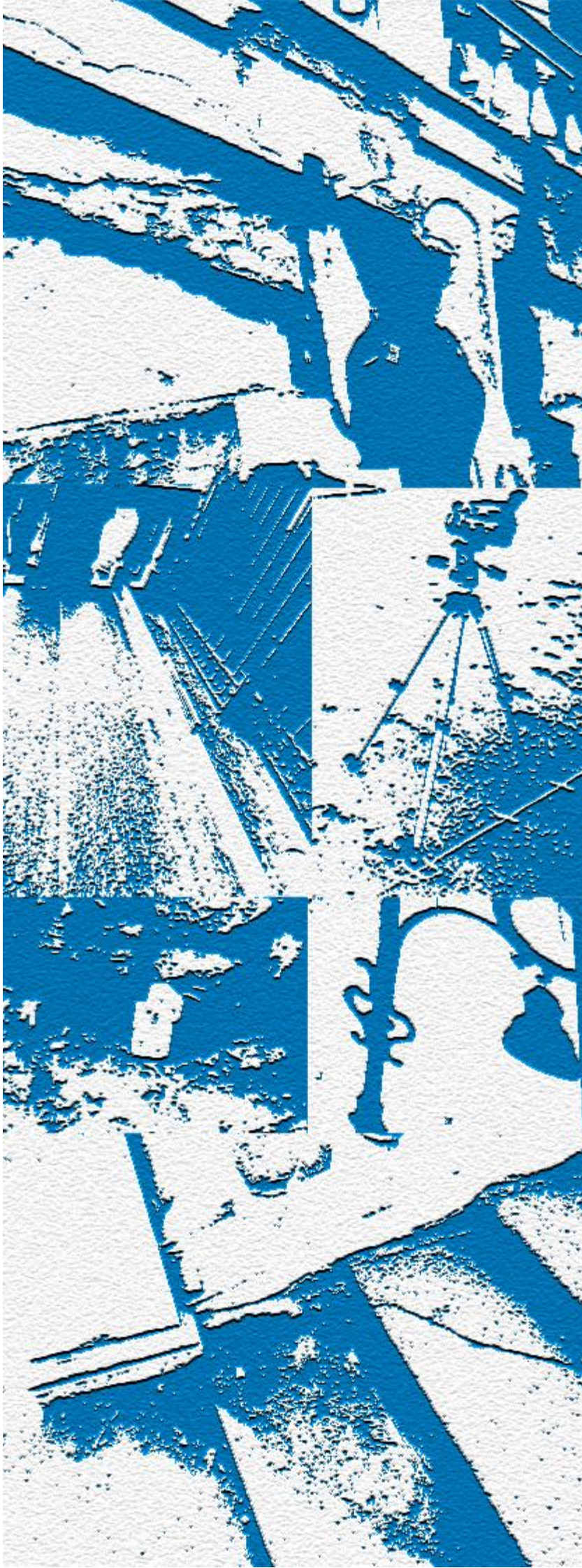
- Infiltración de la humedad desde los puntos críticos de encuentros de piezas hacia el interior de los muros y los forjados de rampa debido a la ejecución incorrecta.
- Agravación de la acumulación de agua en puntos críticos debido a las pendientes incorrectas de los peldaños.
- Humedad capilar por empuje natural del terreno debido a un drenaje inexistente o a la falta de otros sistemas que detengan la ascensión o que permitan una evaporación natural.
- Posible asiento diferencial

Para determinar la veracidad de éstas hipótesis se utilizarán las pruebas de diagnósticos destructivas y no destructivas, que se tratarán en los capítulos 12 y 13.

## ESQUEMA DE COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS GENERADAS EN LAS INSPECCIONES



(\*) Cualquier hipótesis de degradación revelada a través de la termografía deberá ser comprobada por métodos complementarios.



## 11. PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS





## 11. PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

*El Reglamento de actuación de la ley cuadro en materia de Obras Públicas del Estado Italiano 109/94, reconoce la diagnosis como objetivo primario del proyecto preeliminar de intervención.*

*Se llama prueba no destructiva a cualquier tipo de estudio o análisis realizado a un material que no altere en modo permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Implican un daño imperceptible o nulo.*

*En este capítulo, se han incluido comprobaciones pensadas a propósito para este estudio, que han sido consideradas pruebas no destructivas debido a que preservan la integridad del elemento de estudio.*

*Las pruebas no destructivas realizadas en este estudio son: Análisis Termográfico, Knocking Test, comprobación de pendientes, comprobación de avance de grietas y disposición de sondas de registro de la humedad, que serán descritas detalladamente a continuación. Se ha estimado oportuno incluir la comprobación de las pendientes de los escalones y el avance de las grietas en éste apartado, ya que a pesar de no tratarse de pruebas rigurosas, tienen la intención de comprobar una hipótesis o reforzar una idea, sin producir algún daño, como el resto de pruebas no destructivas.*

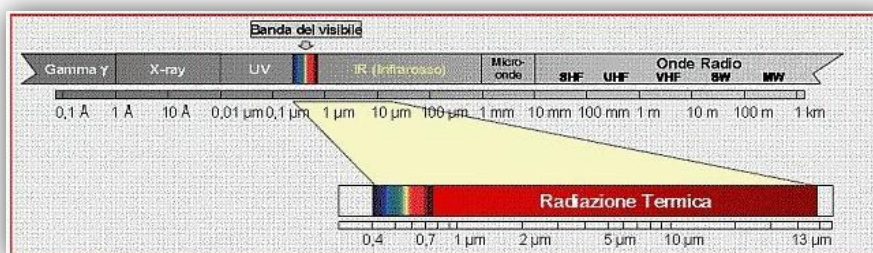
### 11.1. ANÁLISIS CON EQUIPO TERMOGRÁFICO DE ALTA DEFINICIÓN

#### 11.1.1. Introducción a la termografía

La termografía es una técnica de teledetección de la temperatura superficial de los cuerpos a través de la medida de la intensidad de radiación infrarroja emitida por el objeto a examen. Se considera una técnica diagnóstica no destructiva ya que permite realizar una lectura "bajo piel" del objeto sin invadirlo, repitiendo así su integridad.

La termografía se efectúa a través de la obtención de imágenes en el campo del infrarrojo. La energía térmica, o a infrarrojos, reside en el espectro no visible porque su longitud de onda es demasiado larga para ser percibida por el ojo humano. Es decir, la porción del espectro electromagnético comprendida entre las microondas y la banda del rojo visible, caracterizada por longitudes de onda entre 0,8  $\mu\text{m}$  y 1 mm que resultan demasiado grandes para ser percibidas por el hombre.

La banda del infrarrojo se puede subdividir en cuatro subzonas: infrarrojo cercano (0,75-3  $\mu\text{m}$ ), infrarrojo medio (3-6  $\mu\text{m}$ ), infrarrojo lejano (6-15 $\mu\text{m}$ ) e infrarrojo extremo (15-100  $\mu\text{m}$ ). La porción utilizada por las técnicas termográficas está comprendida entre 2  $\mu\text{m}$  y 13  $\mu\text{m}$ .



### Qué es un termograma

Un termograma es una imagen del calor, es decir, una matriz de temperaturas. En la imagen de la derecha se puede ver un ejemplo de termograma de 480 x 460 píxel.

La cámara termográfica no mantiene contacto con la superficie analizada, ya que detecta el calor emitido por un objeto y lo transforma en una señal electrónica que a su vez será transformada automáticamente en una imagen térmica. El formato de registro permite asociar una información de temperatura a cada píxel. En el momento de la toma, la cámara termográfica permite definir un  $\Delta T$ , es decir, un margen de temperaturas para la representación gráfica del calor.



A cada temperatura o grupo de temperaturas (dependiendo de la amplitud del intervalo elegido) que componen el margen determinado, se le asignan en modo automático los colores del espectro visible. Se crea de este modo una matriz de representación. Es posible modificar el intervalo de temperaturas elegido en la fase sucesiva de tratamiento de los datos obtenidos.

El tratamiento de los datos se hará a través del uso de un software especial que, además de mostrar el  $\Delta T$  establecido antes del disparo, dará la imagen de un  $\Delta T$  total existente en el objeto de estudio durante el periodo de registro. Según la amplitud del intervalo de representación de temperaturas elegido, serán atribuidas más o menos temperaturas al mismo color, ya que el número de colores a repartir es siempre el mismo pero la cantidad de temperaturas diferentes dentro del  $\Delta T$  es variable.

### Pruebas termográficas de tipo activo y pasivo

Según el modo en el que se realizan, las pruebas termográficas pueden ser de tipo activo o pasivo. En aquellas de tipo **activo**, es necesario provocar una estimulación térmica del objeto a examen, es decir, se debe crear un calentamiento forzado del elemento de estudio para poder obtener información térmica. Las pruebas de tipo **pasivo**, sin embargo, se limitan a leer los fenómenos que se verifican sobre la superficie del objeto ya que dicho objeto sufre, de modo natural, variaciones térmicas y por lo tanto no es necesario ningún tipo de inducción del flujo de calor ya que siguen el ciclo natural de calentamiento.

Por lo tanto, se ha de considerar una prueba de tipo activo aquella en la que, a causa de la ausencia de una transmisión de calor, se deba calentar la superficie del cuerpo artificialmente. Por lo contrario se considerará una prueba de tipo pasivo aquella en la que, debido a que el objeto es calentado por fuentes de calor como los rayos solares o la instalación de calefacción, no sea necesario inducir calor.

### Análisis termográfico cualitativo y cuantitativo

El análisis termográfico se puede realizar en varios modos según el tipo de elemento a analizar y los resultados que se quieren obtener. Es necesario programar cada sesión de toma teniendo en cuenta todos los factores que pueden influir o alterar la señal recibida. Basándose en estos factores pues, se determinará el tipo e análisis más adecuado.

El análisis **cualitativo** permite identificar diferencias de temperatura entre zonas, pero no existe una correspondencia empírica entre alteraciones térmicas y defectos. Se realiza registrando el objeto desde los mismos puntos, en días diferentes. Por lo general, las tomas se realizarán en días con condiciones climáticas diferentes entre ellos. Se procederá sucesivamente a comparar los termogramas resultantes tomados en días diferentes para identificar las alteraciones. La comparación de los termogramas con condiciones climáticas diferentes ayudará a identificar las diferencias de temperatura que no están ocasionadas por alteraciones, si no que se trata de simple reflejos de luces y sombras, por lo tanto descartables.

Es posible realizar el análisis **cuantitativo** sólo después de haber detectado las anomalías a través del análisis cualitativo. Sirve para identificar el desarrollo y evolución de las temperaturas en una única zona alterada. La posición de toma de la cámara térmica en éste caso es fija y debe encuadrar siempre la misma zona del edificio durante un arco temporal largo. Según el fenómeno que se quiera analizar, la cámara térmica registrará en automático un termograma por minuto o por segundo. De éste modo, será posible ver cómo se calienta la zona a examen, si lo hace de forma heterogénea u homogénea. Así, se podrán detectar otras alteraciones no detectadas con el método cualitativo. Además, servirá para comprobar las hipótesis sobre alteraciones ya encontradas a través del método cualitativo, consiguiendo determinar la naturaleza de las patologías que afectan al edificio con mayor precisión. Como se ha dicho ya, según el fenómeno analizado, se deberá elegir un arco menor o mayor de tiempo y una frecuencia de disparo mayor o menor. Por ejemplo, se se tiene intención de detectar las zonas dónde el mortero de ha separado del soporte será necesario registrar la zona durante un período breve pero con una frecuencia de disparo elevada. En el caso de la detección de la humedad, es necesario todo lo contrario, un intervalo de tiempo largo y una frecuencia de disparo reducida.

Los procedimientos a realizar deberán ser elegidos y programados antes de la realización de la prueba. No obstante, dicha programación podrá ser modificada según los resultados obtenidos.

### La termografía en el sector de la edificación

Los equipos termográficos se crearon con objetivos estratégico-militares pero pronto se demostraron útiles en diversos sectores como la medicina, la industria química, la prevención de incendios, la rehabilitación, la aeronáutica, etc.

La termografía al infrarrojo se comenzó a usar tarde en el sector edilicio. Las alteraciones que afectan las superficies de los edificios comportan variaciones de temperatura mínimas y de entidad tan reducida que habría sido imposible percibirlas con los primeros equipos

termográficos. Gracias al avance tecnológico de los últimos años, la termografía se ha difundido en un mayor grado. Los equipos actuales son muy precisos y permiten registrar diferencias térmicas del orden del centésimo de grado.

Desde su introducción en el campo de la edificación, gracias a los avances técnicos, estos equipos han evolucionado en modo considerable, sobre todo en la modalidad de enfriamiento. Inicialmente el sensor se enfriaba con nitrógeno líquido. Sucesivamente a través de una bomba Stirling (constituída por una bomba a pistola capaz de crear un punto frío en un circuito sellado con carga de helio). Actualmente, el equipo utilizado por el Laboratorio de Rehabilitación del Politecnico di Torino es una cámara termovolumétrica con sistema de enfriamiento interno.

La termografía no permite estandarizar los resultados ya que lo es posible establecer un intervalo de temperatura para definir una alteración determinada. Las condiciones atmosféricas, influyen directamente en el desarrollo de la prueba. La climatología representa por lo tanto uno de los problemas principales contra la eficacia de ésta técnica. En caso de lluvia o niebla la señal recibida por el equipo será muy tenue y de difícil lectura. El viento tiende a modificar la señal, ya que interfiere en el flujo de calor emitido por el cuerpo, haciendo así más difícil el correcto análisis de la situación térmica del edificio. Una excesiva humedad ambiental también puede causar problemas en la toma de termogramas e inducir errores en los resultados.

En el sector edilicio las pruebas termográficas se realizan a menudo en exteriores. Por lo tanto el número de días del año en los que se pueden realizar las tomas, es muy reducido. Además las condiciones atmosféricas tienden a cambiar rápidamente. Para una correcta campaña de adquisición de termogramas es esencial que las condiciones atmosféricas se mantengan constantes durante toda la toma. Este es un gran límite que influye directamente en la programación de las pruebas y repercute directamente sobre los tiempos de realización del análisis y sobre el coste del mismo.

Si bien no existe un procedimiento estándar resulta útil comparar las situaciones a afrontar con aquellas ya pasadas, ya que las alteraciones tienden a manifestarse de forma similar.

Como todas las pruebas diagnósticas, la termografía se desarrolla en diversas fases:

-Comprobaciones iniciales: en esta fase se recopila información sobre el elemento a analizar. Se intenta definir en el mayor grado posible, las características del objeto de estudio para poder determinar el modo en el que se realizará la prueba.

-Trabajo de campo: en esta fase se realiza la toma de fotografías térmicas o termogramas a través de los equipos.

-Análisis de termogramas: esta es la fase más larga y se realiza en el laboratorio. Consisten en analizar todos los termogramas registrados con un software especial para identificar las alteraciones o las variaciones de la uniformidad térmica superficial.

-Control: una vez realizados los trabajos de intervención será necesario realizar controles periódicos para comprobar que los trabajos hayan sido realizados correctamente y que la patología no persiste. Éstos controles se realizan a través de nuevos análisis termográficos repetidos en el tiempo de forma planificada.

### 11.1.2. Justificación del análisis

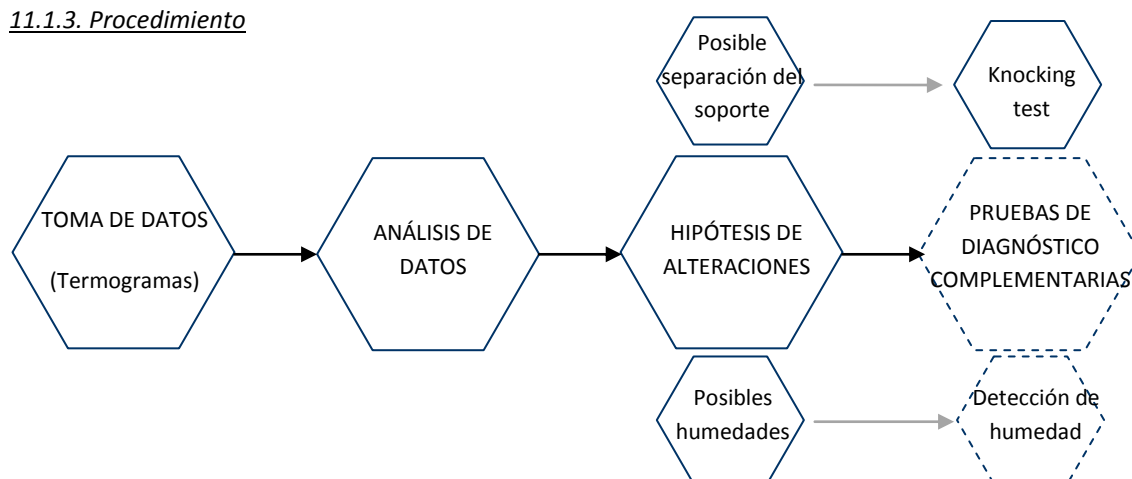
Aunque se ha realizado un mapeo de patologías con anterioridad, se ha considerado oportuno realizar un análisis termográfico para detectar posibles alteraciones ocultas o en proceso de evolución. En un principio se pensó en realizar un análisis termográfico más reducido en lo que respecta a tiempos y número de pruebas, pero debido a las condiciones climáticas poco favorables se ha preferido realizar más sesiones de toma de termogramas para tener más datos a comparar.

Todas las tomas de termogramas en capó han sido realizadas por la Arq. Monica Volinia y Mario Girotto, del Laboratorio de Rehabilitación del Politecnico di Torino. Ambos son operadores certificados<sup>1</sup> para la realización de las pruebas. El trabajo de análisis de termogramas ha sido realizado por mí bajo la supervisión de Monica Volinia.

#### Tipo de prueba utilizada

Las pruebas realizadas han sido de tipo cualitativo. Las de tipo cuantitativo han sido descartadas debido a imposibilidad de identificar un punto fijo de toma durante un período prolongado para realizar un registro en continuo. La zona se caracteriza por el pasaje frecuente de vehículos como furgones de reparto, policía o equipos de limpieza. Además, todas las campañas han sido pasivas ya que no ha sido inducido ningún fenómeno artificial para generar un flujo de calor.

### 11.1.3. Procedimiento



<sup>1</sup> UNI EN ISO 9712:2012: Prove non distruttive - Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive - Principi generali

#### Fundamentos de la aplicación de la termografía:

Se ha trabajado intentando recoger el mayor número de datos a pesar de las difíciles condiciones atmosféricas ya que las tomas han sido realizadas en los meses de otoño. A causa de los reducidos tiempos de disponibilidad no ha sido posible realizarlas en verano.

Mientras con condiciones de sombra ha sido posible realizar tomas de toda la fachada basamental de la escalinata, esto no ha ocurrido con sol. El elevado número de sombras proyectadas sobre la parte sur (izquierda) de la escalinata no han permitido la toma de termogramas de manera uniforme en condiciones soleadas. Por lo tanto en éstas campañas se tendrá sólo en consideración la parte norte, es decir, aquella con menos sombras. Esto ha llevado a tener en menor consideración las tomas de la parte sur o izquierda, ya que no existe más posibilidad de comparación que la fotografía del visible y las tomas de la parte norte o derecha del mismo día. Estas consideraciones serán aclaradas sucesivamente.

También han existido errores de procedimiento. Ha sucedido, por ejemplo, que durante una campaña de toma con condiciones de cielo cubierto, haya salido el sol. En ese caso se ha esperado a que se cubriera de nuevo el sol para repetir la toma en el punto afectado. El correcto proceder habría sido el de repetir todas las tomas desde el principio ya que es necesario que las condiciones climáticas durante la toma sean las mismas de inicio a fin. Tratándose de una prueba con finalidad académica y debido a los tiempos reducidos de disponibilidad, se ha decidido operar en el modo descrito.

#### Pruebas

Las pruebas termográficas se han realizado en diversas fases: fase de toma, en la que existen dos subfases: una de tomas de prueba y aquella de la toma definitiva, y finalmente la fase de análisis post-toma.

##### *11.1.3.1. Trabajo de campo. Toma de termogramas.*

#### Fase de prueba

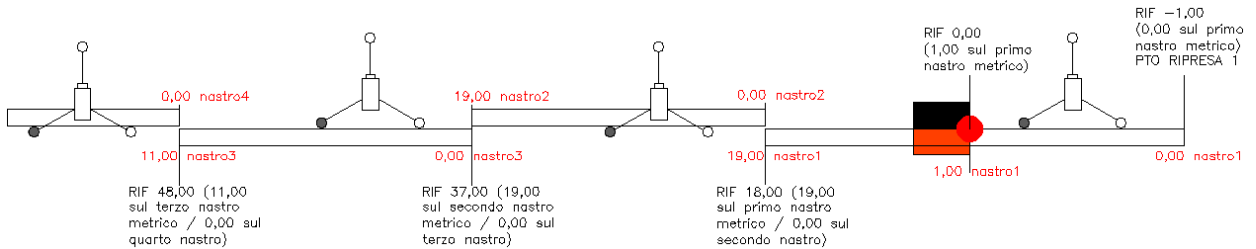
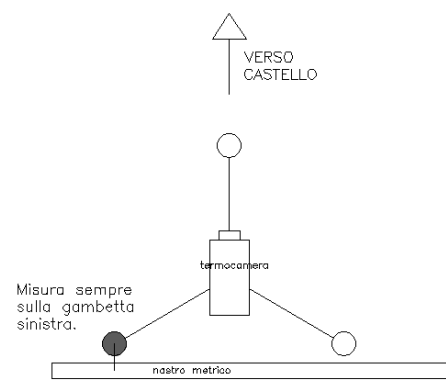
Las dos campañas de prueba (no definitivas) se han realizado con la intención de identificar el número de puntos fijos de toma de termogramas necesarios para estudiar la estructura a estudiar en su totalidad y para facilitar el montaje vertical de las imágenes térmicas. En esta fase también se ha determinado la distancia adecuado entre la fachada basamental de la escalinata y la termocámara.

El primer día de prueba, el 19 de septiembre de 2012, se realizaron tomas desde las posiciones desde las que se creía que se tenía una enfoque correcta de cada elemento de la fachada de la escalinata. A continuación, se ha traspasado al alzado en papel, en modo esquemático, la posición de los puntos de toma utilizados con su respectivo campo de enfoque para poder determinar si los puntos de toma eran correctos. Al final se han establecido puntos fijos de toma a 10 metros de la fachada del objeto de estudio. Dada la morfología de la escalinata se ha establecido un punto de toma para cada elemento ornamental (nichos y hornacinas planas).

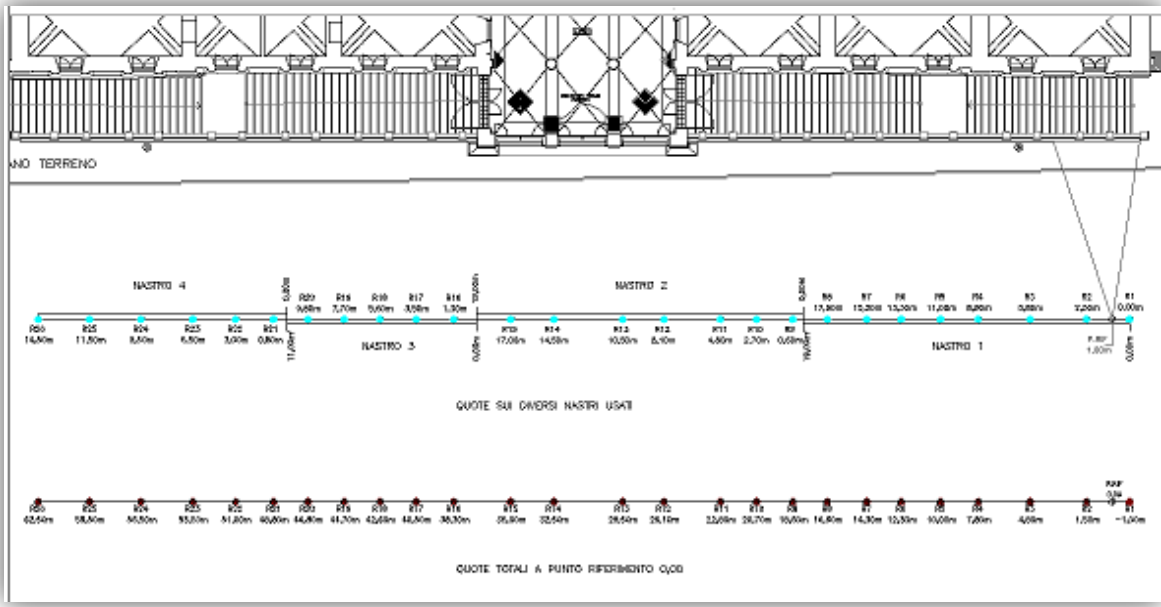
El segundo día de prueba, el 28 de septiembre de 2012, se ha creado con esparto un eje paralelo a la fachada a una distancia de 10 metros y se han realizado las tomas colocando la termocámara encuadrada frontalmente a cada elemento decorativo, definiendo así los puntos definitivos de toma. Éstos puntos se han medido en referencia al punto inicial, el cual se ha medido en referencia a la fachada a través de una triangulación.

Los puntos establecidos se han marcado en la calzada de la calle Virgilio con spray, para asegurar la toma desde los mismos puntos en las campañas sucesivas. Este proceso de establecimiento de puntos fijos ha ayudado a reducir los tiempos de toma en las campañas sucesivas.

Para la medida de los puntos de toma no ha sido posible colocar una cinta métrica que abarcara los 66 metros de longitud de la fachada de la escalinata. Por lo tanto se ha procedido realizando superposiciones de cintas métricas de 20 metros, del modo que se indica en el esquema a continuación:



En el Anexo 09a se muestra un esquema con las posiciones de toma definitivas. A pesar de la baja disponibilidad de instrumentos de medida más adecuados en la fase de prueba, se ha determinado oportuno establecer las medidas asociadas a un punto de referencia por si fuera posible obtener una cinta métrica que abarcara toda la fachada para las posteriores campañas.



Posiciones de toma de fotografías térmicas

## Estudio de las Sombras

Desde la primera campaña de prueba se ha notado que los árboles que se encuentran a orillas del río proyectan sombras sobre la escalinata. Debido a la morfología de los cuerpos que generan las sombras no es posible realizar un cálculo de las sombras proyectadas como se haría con un elemento inerte, como por ejemplo un edificio. Por lo tanto se ha decidido realizar un estudio/seguimiento de las sombras proyectadas durante todo un día con la intención de identificar las horas del día adecuadas para aprovechar al máximo la radiación solar sobre la superficie de estudio.

El movimiento de la Tierra respecto del Sol induce una variación diaria de las sombras, por lo que éste estudio tendrá un valor limitado en el tiempo. A pesar de esto, ha servido para determinar si fuera posible realizar la toma de toda la fachada basamental o si por el contrario fuera necesario descartar algún tramo por la imposibilidad de encontrar un momento del día sin sombra.

En el Anexo 09b se muestra dicho estudio de las sombras, realizado el 15 de octubre de 2012, en el que se ha dibujado a mano, en modo esquemático, la situación de las sombras sobre la fachada cada 10 minutos desde la salida del sol hasta el momento en el que la fachada queda totalmente en sombra, es decir, para el día en cuestión: desde las 8:50 hasta las 14:45 h. Cuando las sombras sobre la fachada son las que producen sus propios elementos, éste intervalo se ha aumentado a 15 minutos.

A pesar de que se ha encontrado un momento del día en el que toda la superficie de la fachada aparece iluminada y sin sombras de los árboles, se ha decidido no considerar la parte izquierda (sur) en las campañas en las que las tomas se realicen con sol. Esto se debe a que a pesar de que las sombras de los árboles han desaparecido en ése momento del día, las sombras que los propios elementos de la escalinata generan sobre ella misma son demasiado amplias y no sería posible una detección uniforme de las temperaturas de la superficie. Por ello, se pierde una gran parte de la superficie estudiable.

En el caso de las tomas realizadas en condiciones de cielo cubierto se tendrá en cuenta la totalidad de la fachada pero las fotografías térmicas de la parte izquierda serán consideradas en un modo menos exhaustivo debido a la imposibilidad de compararlas con las de otros días. Serán utilizadas para detectar posibles puntos de infiltración de humedad, y podrán ser comparadas en el análisis sólo con las fotografías del visible del día de la toma y con la respuesta térmica de la parte derecha (norte) de la fachada.

Los árboles también proyectan sombras sobre la parte derecha (norte) de la fachada hacia el Po pero no se presenta el mismo problema que con la zona izquierda. Existen horas del día en las que el sol ilumina completamente dicho tramo norte sin sombras proyectadas.

A pesar de que las sombras generadas por los árboles cambian durante el año el estudio realizado ha ayudado a determinar las mejores horas para las campañas de toma de termogramas, teniendo en cuenta que, siendo otoño, el sol sale y se pone cada día más pronto y las sombras se hacen cada día más oblicuas.



#### Fase definitiva de toma de fotografías térmicas (termogramas)

Tras haber identificado la franja horaria más adecuada para la adquisición de termogramas con la termocámara se han realizado tres campañas de toma. Los resultados de dichas campañas han sido objeto de un posterior análisis.

Durante las campañas se ha intentado mantener constantes todas las variables posibles, es decir: posiciones de toma de termogramas, hora del día, distancia desde el punto de toma a la fachada, etc. Se ha decidido intencionadamente realizar las tres tomas con diferentes condiciones climáticas entre ellas, con la intención de detectar una señal térmica diferente que permita una comparación y análisis de datos más acertado.

Cuando se analizan las condiciones atmosféricas es necesario tener en cuenta no sólo aquellas del día de campaña, si no también las de los días anteriores. Estas últimas pueden de hecho influir en la señal térmica percibida. Por ejemplo, si el día es sereno y con sol, pero ha llovido el día anterior, la toma se altera ya que la superficie todavía está mojada y resultaría diferente de una toma en condiciones serenas con las mismas condiciones en los días precedentes.

Condiciones atmosféricas de los tres días de tomas definitivas:

- Con cielo cubierto el 9 de octubre de 2012. No se ha producido radiación solar alguna antes de la toma ya que ha amanecido ya nublado.
- Con cielo cubierto el 30 de octubre de 2012. A diferencia del día anterior de toma ha habido radiación solar sobre la superficie de estudio desde la salida del sol hasta 5 minutos antes del inicio de la campaña. Además, los tres días anteriores se han caracterizado por una situación meteorológica despejada y soleada.
- Con cielo sereno e iluminación solar directa, el 7 de noviembre de 2012. Hasta tres días antes de la toma, se han sucedido 8 días de lluvia.

Esta variación en las condiciones de toma ayudará a detectar diversas anomalías a través de la comparación de la toma desde un mismo punto en los tres días diferentes.

#### Equipos utilizados en las campañas:

-Termocámara: instrumento de alta definición para la adquisición de fotografías térmicas.

Modelo utilizado: FLIR SC660

Sensibilidad térmica de 30 mK a 30 °C

Resolución IR de 640 x 480 píxel



Campo espectral: 7,5 -  $\mu\text{m}$

El equipo utilizado dispone de dos objetivos, uno de 24° y otro de 45° para abarcar un mayor campo en las tomas más cercanas.



-Data logger:

Permite medir la velocidad del viento, la humedad relativa, la temperatura ambiental y otros factores que pueden influir en el desarrollo de la campaña de toma.

La razón de haber usado dos tipos diferentes de data logger es que durante el desarrollo de una de las campañas, se ha producido el robo de este.

Data logger Kestrel 4000. Anemómetro.

Intervalo de medida Tª: -29 ... +70 °C

Intervalo medida Humedad Relativa (%): 5 ... 95 %

Memoria interna que permite registrar 250 valores.

Además mide: la velocidad del viento, la sensación térmica, el estrés por calor, el punto de rocío, la temperatura del bulbo húmedo, la presión barométrica y la altitud.



Data logger TESTO 174H. Sonda microclimática.

Cuando se han utilizado éste tipo de sondas se han dispuesto dos: una en el trípode de la termocámara y otra fuera de la ventana del Laboratorio de Rehabilitación, que casualmente da a la escalinata.

Dati tecnici	testo 174H
Sensore	NTC/ sen. igrometrico capacitivo
Canali	2 interni
Unità di misura	°C, °F, %UR
Campo di misura	da -20 a +70 °C interno da 0 a 100 %UR
Precisione ± 1 cifra	±0,5 °C (da -20 a +70 °C) ±3 %UR (da 2 a 98 %UR) +0,03 %UR/K
Risoluzione	0,1 °C, 0,1 %UR
Durata batteria (a +25 °C)	1 anno con misura ogni 15 min.
Temp. funzionamento	da -20 a +70 °C
Temp. stoccaggio	da -40 a +70 °C
Dimensioni	60 x 38 x 18,5 mm
Tipo batteria	2 x CR 2032 litio
Ciclo di misura	1 min - 24 h
Memoria	16.000 letture
Software	ComSoft Basic 5 ComSoft Professional 4

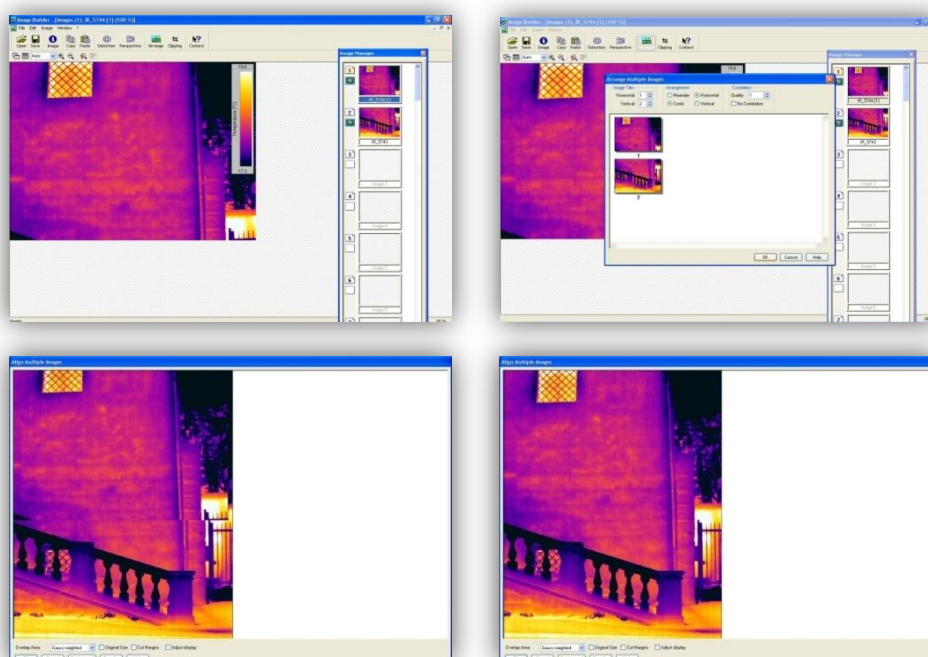


Estos dispositivos sirven para conocer de manera más segura y precisa la temperatura y la humedad reales del ambiente en el momento de la toma, ya que las temperaturas registradas por la termocámara no muestran la temperatura ambiental sino aquella a la que se encuentra la superficie del cuerpo que se estudia.

### 11.1.3.2. Trabajo de laboratorio. Analisis termográfico

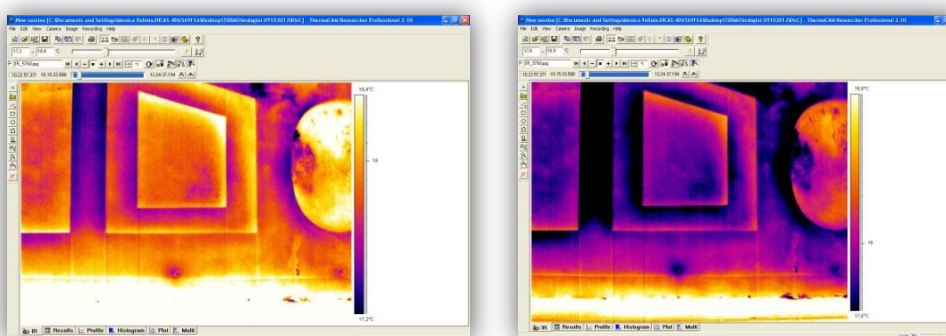
Software utilizado para el análisis de los termogramas:

**FLIR ThermaCAM Image Builder:** Software para la composición de varios termogramas tanto longitudinal como horizontalmente. Permite colocar juntos varios termogramas que se suceden en el espacio sin perder la información térmica, es decir, los datos de temperatura que contiene cada píxel de la imagen térmica.

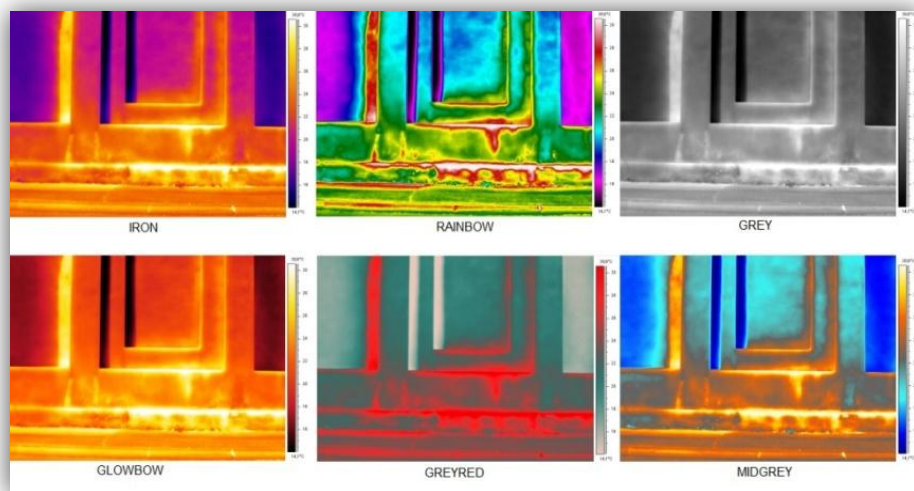


Procedimiento para la composición vertical de las imágenes térmicas.

**FLIR ThermaCAM Researcher Professional 2.10:** Software para el tratamiento de imágenes térmicas. Permite ajustar el intervalo de representación de temperaturas, la escala de colores que se quiere usar para dicha representación, obtener datos relativos a un área seleccionada, elaborar gráficos de evolución de temperaturas y entre otras cosas, permite el guardado tanto en formato .jpg como en .jpg FLIR, formato que mantiene la información de temperatura asociada a cada píxel.



El programa permite elegir la gama de colores de representación mas adecuada según el elemento de estudio y lo que se quiere acentuar. A continuación se muestran algunas de las posibilidades de representación que ofrece el programa, llamadas "palletes". Las escalas de colores no modifican la información térmica, sólo se limitan a asignar una gama de colores a cada valor de temperatura. Las "palletes" más utilizadas en edificación son las tres superiores.



#### Procedimiento de análisis

En primer lugar, se procede al montaje vertical de termogramas con la intención de disponer de una composición para cada punto de toma. Se ha descartado el montaje horizontal a través de éste software ya que las deformaciones producidas por la curvatura de la lente lo han hecho imposible.

Sobre dicha composición vertical de imágenes térmicas se van a identificar las zonas anómalas. Con el software antes descrito, se modifica el intervalo de representación llevando a la saturación las temperaturas más calientes, es decir, se sacan de dicho intervalo, para poder dejar en evidencia las zonas más frías y luego se procede en modo contrario.

Una vez identificadas las zonas aparentemente alteradas se realiza una comparación con la fotografía del visible. Si esta anomalía aparece también en el visible, no tendrá en consideración ya que ha sido previamente estudiada en el capítulo 11.

Si la alteración no aparece en el visible: se va al termograma individual interesado de la alteración y se intenta identificar la zona y su temperatura en comparación con zonas sanas.

Se ha procedido de éste modo con las tres campañas realizadas con las tres condiciones climáticas diferentes y sucesivamente, con los termogramas dónde se encuentran las zonas identificadas como anómalas, se realiza una comparación de la misma toma con las tres condiciones diferentes para identificar si las alteraciones aparecen en las tres condiciones, si sufren variaciones o si no aparecen.

Según el comportamiento de la zona alterada en las diferentes condiciones climáticas, se han realizado diversas hipótesis sobre qué podría ser dicha alteración en base a la experiencia y consejo de Monica Volinia.

#### 11.1.4. Resultados y conclusiones

El análisis termográfico ha llevado a identificar zonas con distribución anómala de temperaturas que podrían indicar patologías. Estas hipótesis deber ser siempre comprobadas con pruebas complementarias como el knocking test en el caso de hipótesis de revestimiento separado del soporte o pruebas para la detección de la humedad.

En el Anexo 09c, se han realizado unas fichas que pretenden resumir el análisis termográfico realizado, con conclusiones e hipótesis individuales.

Si las campañas de adquisición de termogramas se hubieran realizado en los meses de verano, habría existido la posibilidad de percibir una mejor señal térmica, y de evitar una gran parte de las sombras ocasionadas por los árboles.

A pesar de que cuando el sol irradia la superficie del objeto de estudio se obtiene una mejor lectura térmica, éste calor tiende a calentar en mayor grado las zonas visiblemente alteradas por una mancha o un cambio de coloración, no permitiendo en ocasiones leer las posibles alteraciones situadas en estratos inferiores. En esa situación la señal térmica está muy ligada al color adquiriendo una mayor temperatura las áreas de color más oscuro y viceversa. Por esta razón ha sido muy conveniente comparar los datos de ésta campaña con los de las otras condiciones atmosféricas que no dan prevalencia al color de la superficie.

Es probable que la humedad de ascensión capilar no haya sido detectada en ninguna de las campañas porque este tipo de estudio sólo permite leer las informaciones térmicas hasta una profundidad limitada del muro y el mortero de revestimiento utilizado para la fachada basamental de la escalinata hasta una cota del 2 metros desde el nivel de la acera es de tipo macroporoso, y por lo tanto que favorece la evaporación del agua. No obstante, ésta franja de humedad si que ha podido identificarse en los dos accesos laterales tapiados del cuerpo emergente central, en el que el material utilizado no es macroporoso.

La información térmica registrada en la parte izquierda de la fachada el día con condiciones nubladas sólo puede ser comparada con la evolución de la señal térmica del mismo día en la parte derecha y con las fotografías del visible del mismo día y por lo tanto las conjeturas serán menos fiables. De todos modos, sólo se ha utilizado para determinar posibles puntos de infiltración de la humedad.

Una desventaja de esta técnica es que debe basarse en la experiencia de casos anteriores ya que no se puede relacionar una temperatura determinada o una franja de temperaturas con una alteración concreta ya que las temperaturas cambian según las condiciones del momento de la toma. Por ejemplo, en presencia de radiación solar, una zona separada del soporte se

manifestaría en el termograma como un área más caliente que el resto de la superficie per en el caso de que tuviera una pequeña estrada de aire, sería posible que dicha zona de detectase como una alteración fría.

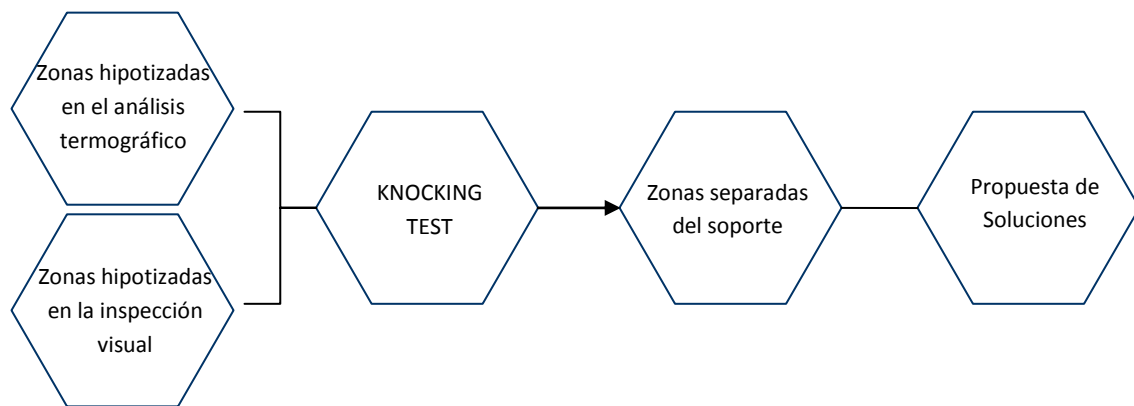
En el Anexo 09c se encuentra una lámina que resume las hipótesis de patologías determinadas por el análisis termográfico dónde se han encontrado zonas de la fachada que podrían encontrarse separadas del soporte y que será necesario comprobar "in situ" a través del knocking test. Otras áreas sin embargo, han sido identificadas como posibles puntos de infiltración de la humedad que deberían ser corroborados con pruebas complementarias.

Tras la determinación de éstos puntos se solicitó la autorización al Area EDILOG para la extracción de testigos y la realización de la prueba para la detección de humedad con el carburo de calcio y dicha prueba fue autorizada. Desafortunadamente el equipo para la realización de la prueba no llegó a tiempo para realizar la prueba. Será pues, tarea del departamento, realizar dicha prueba para comprobar si realmente se ha producido la infiltración de la humedad en dichos puntos.

No obstante, en la ultima visita realizada el 10 de junio de 2013 y debido a que había estado lloviendo durante toda la semana anterior a dicha fecha, se ha podido comprobar como en uno de los puntos se ha manifestado exteriormente dicha humedad. Tanto, que mana agua que transporta componenetes internos de los materiales que encuentra a su paso desde que penetra en el muro por las juntas mal ejecutadas de los peldaños hasta que sale a través de zonas rotas del revestimiento.



## 11.2. KNOCKING TEST



### 11.2.1. Justificación

Como se ha dicho en el apartado anterior, las conclusiones del análisis termográfico dan sólo hipótesis que deberán ser reforzadas con métodos o comprobaciones complementarias. En el caso de las zonas en las que se ha detectado una posible separación de la capa de revoque de su soporte será necesario realizar comprobaciones "in situ", a través del knocking test.

Éste procedimiento permite identificar los puntos con riesgo de descoche para poder actuar antes de que la alteración sea visible, permitiendo ahorrar dinero en la programación de la intervención.

### 11.2.2. Procedimiento

Este procedimiento consiste simplemente en ir a golpear suavemente con el puño las superficies identificadas como posibles zonas separadas del soporte para determinar, a través del ruido producido al golpear, si se trata verdaderamente de futuros desconches o por lo contrario no.

El sonido a hueco evidenciará una separación de la capa de revestimiento y por lo tanto un riesgo de futuro descoche.



En el Anexo 10 se muestran los puntos dónde se ha golpeado y a través de un código de colores, se identifican aquellos que han secundado las hipótesis previas y aquellos que no.

### 11.2.3. Conclusiones

La mayoría de los puntos identificados como zonas con una posible separación del soporte gracias a la termografía, han sido reafirmados con el knocking test. Otros en cambio no. Esto puede ser debido a la interpretación equivocada del señal térmico debido a alguna zona de reflexión en los emplafonados y nichos o debido a mi reducida experiencia en el campo de la termografía.

A pesar de que la termografía ha identificado áreas en la zona superior de la fachada basamental, es decir, bajo la barandilla, éstos puntos no han podido ser comprobados ya que a través de los balaustres es imposible alcanzarlos y usando una barra metálica no es posible escuchar la variación del sonido al golpear debido a la distancia del punto de golpeo.

Debido a la imposibilidad de comprobar las zonas superiores, se ha decidido incluir en el test toda la franja inferior, ya fueran zonas consideradas por la hipótesis de la termografía o no. Esto ha llevado a detectar más zonas con el mortero separado del soporte, ya que se ha incluido también la franja inferior de la parte izquierda de la fachada (no considerada en la hipótesis previa).

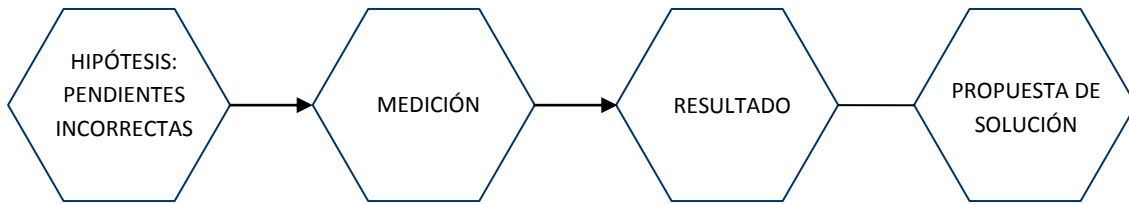
La separación del soporte indica un material inadecuado o una mala puesta en obra que no ha favorecido la adherencia del mortero al soporte y que precede a la caída parcial o total del mortero de revestimiento, como ha ya ocurrido en la parte más a la derecha, dónde prácticamente se encuentra el soporte a vista.

También puede haber sido ocasionado por el empuje que produce el aumento de tamaño en la cristalización de las sales que arrastra el agua que penetra dentro de los muros, ya sea mediante la infiltración desde arriba cómo aquella de ascensión capilar.

En la propuesta de intervención se intentará dar solución a este problema.



### 11.3. COMPROBACIÓN DE LAS PENDIENTES DE LOS ESCALONES



#### 11.3.1. Justificación de la comprobación

En las inspecciones visuales realizadas en condiciones de lluvia intensa se ha podido observar cómo la primera dirección de recorrido que toman las aguas pluviales es hacia la barandilla, en vez de hacia abajo. Se ha hipotizado que ésto puede ser debido a la incorrecta disposición de las placas de piedra, teniendo una pendiente no adecuada para la correcta evacuación de las aguas. Como se ha dicho en el capítulo 11, se ha hipotizado la posibilidad de que los peldaños estén dispuestos con la pendiente hacia el interior en vez de hacia el exterior.

Éstos errores de ejecución de las pendientes podría ser un agravante de la acumulación de agua en puntos críticos de la escalinata y la sucesiva infiltración de ésta hacia el interior de los elementos constructivos que se encuentran debajo como el forjado de hormigón armado o el muro original.

Por lo tanto éste problema de ejecución podría haber contribuido a la degradación de la fachada basamental y a la debilitación de los muros.

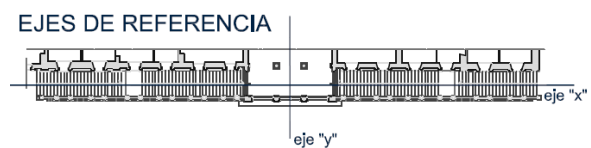
Para comprobar si ésta hipótesis es cierta se ha procedido a medir la pendiente de cada peldaño en dos direcciones.

#### 11.3.2. Procedimiento

Para hacer mas simple el procedimiento se han establecido dos ejes de referencia: "eje x" y "eje y". El "eje x" se ha hipotizado paralelo en planta a la fachada hacia el Po del Castillo y el "y", perpendicular a ésta.

Las herramientas utilizadas han sido de carácter rudimentario ya que se han demostrado perfectamente válidas para ésta comprobación y no se ha podido disponer de un nivel electrónico en el momento de realización de la verificación.

Se ha utilizado un nivel de burbuja doméstico de



60 cm de longitud y un regle de aluminio de 4 metros, que ha sido sucesivamente cortado.

Se han realizado dos procedimientos de comprobación:

Una comprobación, respecto al "eje x" dónde se han comprobado tres puntos por cada peldaño; uno central y dos a los extremos, posicionando el nivel paralelo a dicho eje. La longitud del nivel permite tomar prácticamente toda la anchura de la huella de cada escalón, reduciendo así el posible error derivado de las irregularidades de la superficie de la piedra.

Con éste procedimiento se ha comprobado la existencia de peldaños en contrapendiente, es decir, con la pendiente hacia el interior de la escalera en vez de hacia afuera.

El procedimiento respecto al "eje y" se ha realizado con la ayuda de un regle de aluminio colocado sobre cada peldaño paralelo a dicho eje de referencia y el nivel se ha colocado sobre el regle.

La longitud inicial del regle se ha demostrado superior a la necesaria, ya que en la escalinata sur se pueden encontrar anchuras de peldaño de hasta 3,50 m y en la rampa norte hasta 3,35 m. Por lo tanto se ha realizado un primer corte del regle con radial hasta una longitud de 3,45 metros, suficientes para maniobrar con facilidad al disponer el regle en cada peldaño. Al pasar a la rampa norte ha sido necesario realizar un nuevo corte hasta una longitud de 3,30 cm.

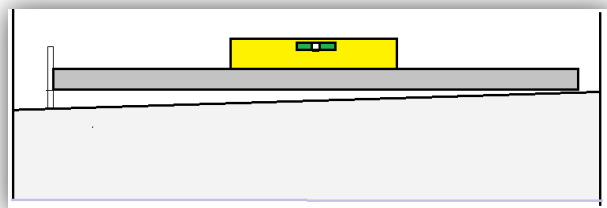


Éste segundo procedimiento ha servido para verificar si existen peldaños con pendiente hacia la barandilla o hacia la fachada del cuerpo áulico, en vez de tener pendiente 0% en éstas direcciones, lo que sería más correcto.

Tanto con referencia al "eje x" como al "eje y", las pendientes que se han comprobado incorrectas, se han medido del siguiente modo.

Se ha dispuesto el regle a nivel (horizontal) con respecto al nivel de burbuja apoyado sobre él y se ha medido la diferencia entre el plano de apoyo de la huella y la cara inferior del regle.

Para las pendientes respecto al "eje x", se ha procedido del mismo modo colocando sólo el nivel horizontal (a nivel) y midiendo entre su cara inferior y el plano de apoyo del escalón.



Posteriormente se ha realizado el cálculo de la pendiente en porcentaje con la siguiente fórmula:

$$\frac{L}{d} = \frac{100}{\%} \qquad \% = \frac{(d \times 100)}{L}$$

Dónde:

L: largo del regle o del nivel

d: distancia de desnivel

x: % pendiente

A pesar de los datos obtenidos de las mediciones, es necesario aclarar que las pendientes indicadas son sólo de carácter orientativo y sirven únicamente para demostrar la ejecución incorrecta del posicionamiento de las placas de piedra. Éstas pendientes podrían arrastrar errores debido a la irregularidad del plano de apoyo de los elementos de medida y del método de medición utilizado en sí.

### 11.3.3. Resultados y conclusiones

En el Anexo 11 se presenta un esquema de la planta de la escalinata con los datos relativos a las pendientes determinadas como erróneas en referencia los ejes "x" e "y"

#### *Pendientes respecto al eje "x"*

Al contrario de lo que se creía, se han detectado un número reducido de peldaños con la pendiente hacia el interior de la escalera, en contrapendiente. Dichas pendientes aparecen señaladas en el Anexo.

A pesar de ello, se ha podido verificar que en una gran parte de los peldaños, existe pendiente nula, cosa que podría contribuir al encharcamiento de las huellas de los escalones los días de lluvia o nieve. Para su correcta evacuación la adecuada disposición de los peldaños sería con la pendiente hacia afuera, es decir, haciendo bajar las aguas de peldaño en peldaño. La nula pendiente de algunos peldaños, sumado a las descamaciones de algunos elementos en piedra de Cumiana contribuye a hacer permanecer el agua sobre la superficie, favoreciendo las filtraciones.

#### *Pendientes con respecto al eje "y"*

Como ya se había deducido en la inspección visual, la mayor parte de los peldaños tiene la pendiente hacia la barandilla pero también hay algunos de ellos dispuestos correctamente, con pendiente 0% respecto a esa dirección.

La pendiente de las placas hacia la balaustrada favorece la escorrentía de las aguas pluviales de un modo diferente al aconsejado, ya que éstas se ven impulsadas contra una zona de junta

crítica. La incorrecta realización de ésta junta o de la colocación de la lámina impermeabilizante concatena la filtración del agua hacia el interior.

Si bien las herramientas utilizadas para la medición se han visto superadas actualmente por otras mucho más precisas, hay que recordar que los peldaños realizados en piedra de Cumiana (al contrario que los de piedra de Malanaggio) tienen una superficie irregular que no permite a menudo un plano de apoyo horizontal, por ésto se ha determinado oportuno el procedimiento adoptado. Tal vez es más impreciso pero más eficaz que la utilización de un nivel electrónico con el que se miden puntos individuales, que en éste caso puede estar afectados por ésta escamación o de la simple erosión por el uso.

La disposición correcta de los peldaños debería garantizar una correcta esorrentía de las aguas, de peldaño en peldaño hacia abajo, para una correcta evacuación de las mismas. Ésto se consigue dando pendiente 0% respecto al eje "y" y dando una pequeña pendiente en paralelo al eje "x". Las soluciones a éste problema se detallarán en la propuesta de intervención del capítulo 15.

## 11.4. SONDAS DE REGISTRO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

### 11.4.1. Justificación

Se ha considerado oportuno disponer sondas de registro continuo de temperatura y humedad relativa en las dos estancias bajo las rampas de escalera, norte y sur, ya que en las inspecciones visuales se ha notado condensación de vapor de agua sobre los elementos de plástico como bajantes o cuadros de luz. Además, se pueden apreciar a simple vista zonas de infiltración de la humedad y la franja de ascensión capilar en la parte baja del intradós del muro basamental de la escalinata.

Con la colocación de estas sondas se ha conseguido realizar un seguimiento de la evolución de dicha temperatura y humedad en el tiempo.

En la inspección realizada bajo la rampa de escalera norte no se ha podido verificar si existen infiltraciones o ascensión capilar debido a que, como ya se ha descrito en capítulos anteriores, los muros existentes fueron doblados por muros de un pie de ladrillo macizo en la intervención del 2001. No obstante, existen eflorescencias de pequeña entidad sobre la superficie de dichos ladrillos, lo que podría llevar a pensar que también existen los mismos problemas de humedad que en la rampa sur.

La colocación de las sondas tanto bajo la rampa sur como en la norte servirá para comparar entre los datos obtenidos por ambas y así poder hipotizar la infiltración también en la zona norte. A pesar de no poder comprobar el estado del intradós del muro de dicha parte norte, el extradós presenta un estado de degradación mucho mayor que la parte sur, cosa que lleva a considerar la posibilidad de que dicho muro se encuentre al menos en el mismo estado que bajo la rampa sur si no peor.

La situación ideal habría sido poder registrar también las temperaturas y humedad de zonas adyacentes a estas estancias bajo rampa para comprobar si el % de humedad ambiental es el mismo o si por el contrario existe un aumento inducido por las diversas humedades que afectan a la escalinata. No ha sido así, ya que sólo ha sido posible conseguir dos sondas, aportadas por el departamento de Ingeniería Energética del Politecnico di Torino.

Durante el proceso de investigación, se decidió registrar la temperatura y humedad durante todo el periodo de realización del proyecto (de Abril 2012 a Mayo 2013), pero la disponibilidad de los dispositivos ha permitido registrar solo durante un mes. A pesar de ello, se ha realizado durante el mes de abril, uno de los meses en los que más lluvias se producen y que por lo tanto ha sido positivo a la hora de registrar los datos.

### 11.4.2. Posicionamiento de las sondas

Las sondas utilizadas para el registro son modelo: Testo 175-H2

-Tipo de pila: pila de litio / Peso: 85 gr.

-Medidas: 82 x 52 x 30 mm

- rango de medición: -20 a +70 °C

Resolución: 0,1 °C

Sensor de humedad:

Rango de medición: 0 a +100 %HR

Resolucion: 0,1 %HR.



Las dos sondas se han colocado en las zonas bajo la rampa, una en la zona norte y otra en la zona sur. Se han posicionado en lugares dónde la percepción de la temeperatura y la humedad sufrieran la menor alteración posible, cosa que pueden ocasionar las corrientes de aire.

Antes de su colocación, en el Laboratorio de Ingeniería Energética se han ajustado los parámetros de registro, determinando una adquisición de datos cada 15 minutos. Tratándose de sondas bicanal, se ha programado el canal 1 para el registro de temperaturas y el 2 para la humedad relativa.



Sonda bajo rampa sur



Sonda bajo rampa norte

Debido a que no ha sido posible disponer una sonda adicional en la ventana para tener un registro de las condiciones ambientales exteriores, se han tenido en cuenta los datos diarios de temperatura y humedad relativas aportados por el ARPA Piamonte.

También se han señalado todos los días con precipitaciones que podrán repercutir en los datos registrados si realmente existen infiltraciones de agua en la zona norte, como las hay en la zona sur, donde es claramente visible.

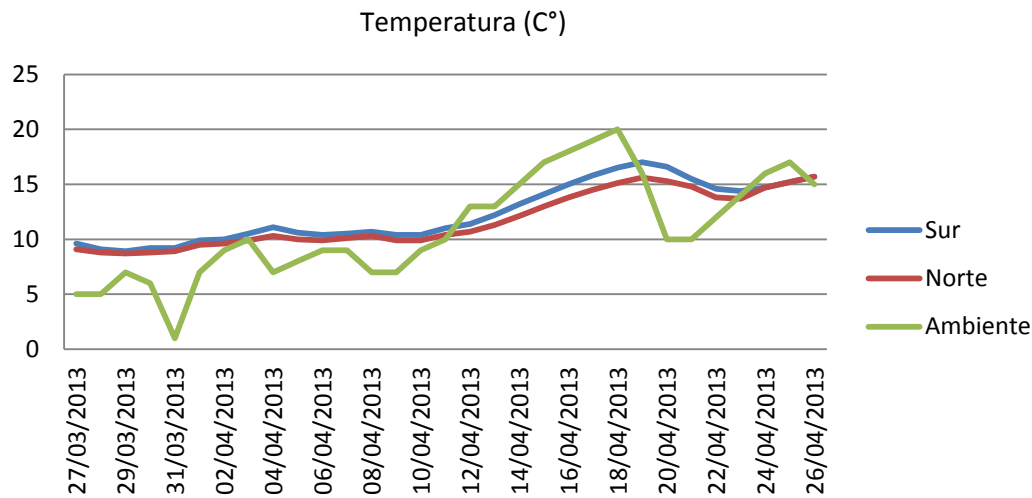
### 11.4.3. Datos obtenidos y conclusiones

Tras la retirada de las sondas de su posición de registro, han sido llevadas de nuevo al Laboratorio de Ingeniería Energética dónde disponían del modulo de conexión de las sondas al ordenador para poder obtener los datos registrados.

Tanto con los datos obtenidos por las sondas como con los datos ambientales del ARPA Piamonte, se ha elaborado una tabla con la evolución de temperaturas y de humedad relativa para facilitar la comparación de datos. Para evitar un exceso de datos se aportan en la tabla las medias diarias obtenidas de los datos de registro.

	TEMPERATURA (C°)			HUMEDAD RELATIVA (%)			Precipitaciones
	Sur	Norte	Amb.	Sur	Norte	Amb.	Precip.
27/03/2013	9,6	9,1	5	80,5	82,1	79	no
28/03/2013	9,1	8,8	5	88,6	86,9	81	lluvia
29/03/2013	8,9	8,7	7	91,1	88,7	79	no
30/03/2013	9,2	8,8	6	92,4	89,6	89	lluvia
31/03/2013	9,2	8,9	1	93,1	90,2	62	no
01/04/2013	9,9	9,5	7	91,5	90,5	78	lluvia
02/04/2013	10	9,6	9	92,3	90,8	66	no
03/04/2013	10,5	9,9	10	91,6	90,9	70	lluvia
04/04/2013	11,1	10,3	7	91,4	91	89	lluvia
05/04/2013	10,6	10	8	90,9	91,8	83	lluvia
06/04/2013	10,4	9,9	9	92,4	92,9	85	no
07/04/2013	10,5	10,1	9	93,7	93,2	82	no
08/04/2013	10,7	10,3	7	92,2	92,5	85	lluvia
09/04/2013	10,4	9,9	7	92,2	92,6	79	lluvia
10/04/2013	10,4	9,9	9	93,8	92,7	72	no
11/04/2013	11	10,4	10	93,5	93,1	83	lluvia
12/04/2013	11,4	10,7	13	94,2	93,2	76	no
13/04/2013	12,2	11,3	13	94	92,6	58	no
14/04/2013	13,2	12,1	15	92,9	94,3	57	no
15/04/2013	14,1	13	17	92	94,1	60	no
16/04/2013	15	13,8	18	92,3	94,1	63	no
17/04/2013	15,8	14,5	19	91,7	93,7	61	no
18/04/2013	16,5	15,1	20	91,3	94	62	no
19/04/2013	17	15,6	16	91	94,8	76	lluvia +
20/04/2013	16,6	15,3	10	89	95,8	94	lluvia +
21/04/2013	15,5	14,8	10	89,7	95	86	lluvia +
22/04/2013	14,6	13,8	12	91,9	95,6	79	lluvia
23/04/2013	14,4	13,7	14	93	96	73	lluvia
24/04/2013	14,7	14,7	16	94	95,6	65	lluvia
25/04/2013	15,2	15,2	17	94,1	95,2	58	no
26/04/2013	15,7	15,7	15	93,9	95,6	78	lluvia

Para ayudar todavía más a la lectura y comparación de datos, se han expresado dichos valores en forma de tablas:



Se puede observar que existe un periodo de aumento de temperaturas considerable, que en relación con los datos ambientales, decrece más suavemente. Lo mismo sucede con las fluctuaciones anteriores a ese tramo, así como en la temperatura ambiente las variaciones son más drásticas, a pesar de existir filtraciones de agua tratándose de un espacio interior, la envolvente tiende a mantener la temperatura y por ello los cambios se producen de un modo más uniforme.

Del mismo modo, observando la tabla, las temperaturas de la rampa sur son ligeramente superiores a las de la rampa norte. Esto puede ser debido a la acción combinada con la humedad, o la mayor disposición a la penetración del calor exterior. La temperatura cambia de una estancia a otra, de sur a norte, ya que la envolvente es diferente en ambas zonas.

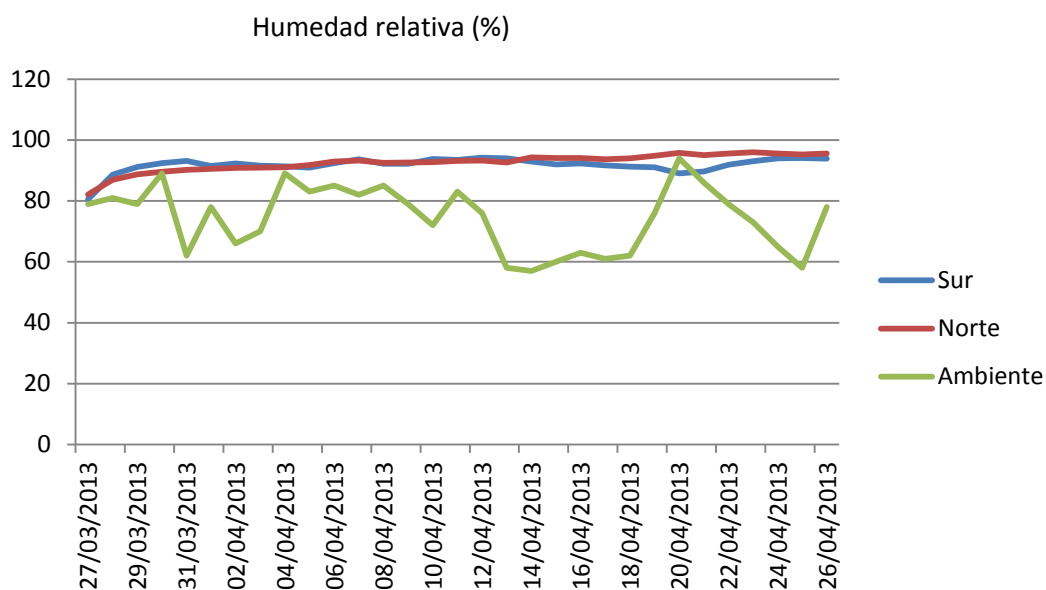
Mientras en la zona sur, los muros principales son aquellos originales, en la zona norte dichos muros han sido doblados, lo que confiere un mayor aislamiento del exterior.

No obstante, el registro de menores temperaturas bajo la rampa norte, pueden indicar una mayor infiltración de agua, dato que debido al doblado de los muros no es posible ver desde el interior pero sí desde el exterior, dónde el agua infiltrada sale al exterior a través de los revoques.

En el caso de este seguimiento de temperatura y humedad, el factor que ha resultado ser el más característico, y por lo tanto aquel a tener en mayor consideración es la humedad relativa del ambiente.

Con la disposición de las sondas se esperaba un aumento acentuado de la humedad los días de lluvia, o los días posteriores, debido a la infiltración de agua, pero no se ha dado un aumento tan drástico.



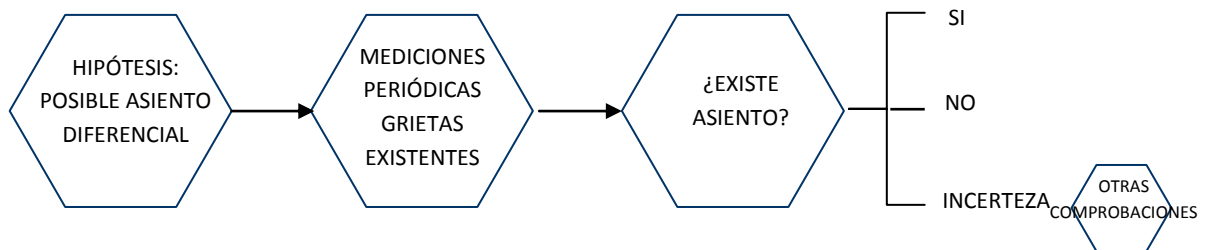


Únicamente se han registrado humedades constantes superiores 94% entre el 18 y el 26 de abril bajo la rampa la rampa norte, durante un período prolongado de lluvias. Este factor podría también indicar que existe un mayor grado de infiltración de la humedad bajo dicha rampa, como se pensaba al observar los datos de temperatura.

Además de estos picos de humedad, durante todo el período de registro (exceptuando el 19 de Abril) la humedad registrada ha sido considerablemente superior a la del ambiente, teniendo una media de 93% en la rampa norte y del 91% en la rampa sur. Esta humedad puede estar causada por el efecto combinado de la infiltración de agua y de la humedad por ascensión capilar, así como por una ventilación insuficiente.

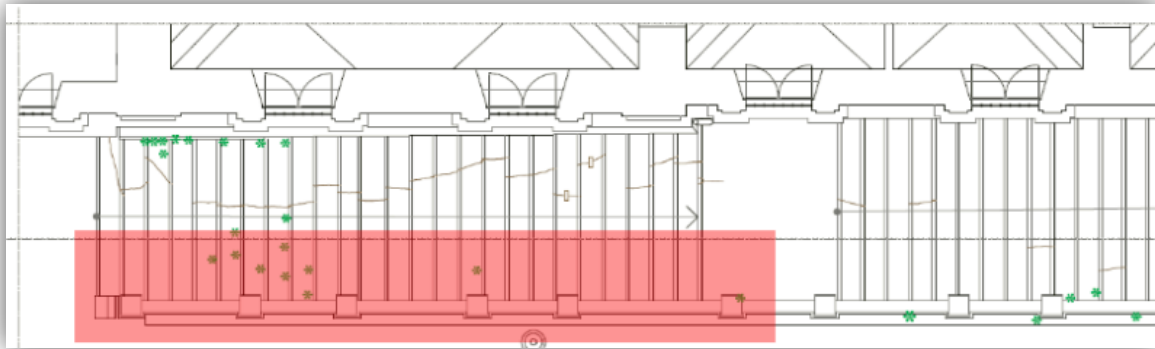
Como ya se ha dicho anteriormente, la situación ideal habría sido poder disponer una sonda fuera de una ventana que diera hacia la escalinata pero no ha sido posible debido a que sólo se han proporcionado dos. Debido a esto los datos referentes a la temperatura y humedad relativa de Torino, pertenecen a la estación meteorológica del ARPA Piemonte, que se encuentra en los Jardines Reales. La ubicación de dicha estación puede inducir variaciones en los datos debido a que se encuentra a una mayor altitud y alejada del río.

## 11.5. SEGUIMIENTO DE GRIETAS



### 11.5.1. Justificación

Se ha llegado a la hipótesis de la existencia de un posible asiento diferencial durante las últimas inspecciones realizadas, debido a que existe un trazado ligeramente regular en la rotura de las placas de piedra del primer tramo de la rampa sur. Todas ellas se han roto por puntos situados entre el centro del peldaño y la fachada del cuerpo áulico y en algunos tramos, su trazado es continuo. También se han considerado los problemas de humedad capilar que sufre la estructura en el momento de generar esta hipótesis.



Así mismo, los tres primeros peldaños desde abajo, ya fueron sustituidos en la última intervención y actualmente se han roto de nuevo. En dicha intervención también se procedió a realizar una losa de cimentación en la zona bajo la rampa de escalera con la intención de afianzar la sujeción lateral del muro, algo que podría verificarse como ineficaz a raíz de la nueva rotura de los peldaños.

Es por esto que se ha decidido realizar un seguimiento de dichas fracturas y de aquellas presentes en la fachada basamental para determinar si cambian de tamaño, algo que podría indicar que realmente existe un asiento diferencial de la zona en rosa.

### 11.5.2. Procedimiento

El procedimiento de comprobación que se ha establecido consiste en la medición de la anchura de algunas grietas representativas durante 5 meses, con una medición al mes. A falta de un fisurómetro o un cuentahilos, o de métodos mecánicos para medir grietas como el flexímetro o el deformómetro, la anchura de las medidas se ha comprobado con un calibrador o pie de rey.

Se han elegido 6 peldaños en el primer tramo de la rampa sur para la medición de sus grietas evitando aquellos con grapas de cosido. En cada peldaño se han marcado tres puntos: dos en los extremos de la grieta y un en el centro para tener la misma referencia de medición cada mes. Para no dañar la superficie se han pegado pequeños trozos de cinta americana, que han sido sustituidos cada mes, en caso de necesitarlo y retirados una vez finalizadas las comprobaciones, ya que la buena praxis establece que se debe alterar en el menor grado posible el objeto de estudio. También se ha procedido al control visual de las pequeñas fisuras formadas en la fachada basamental, por la imposibilidad de medirlas con los medios disponibles debido a su reducida dimensión.



Marcado de puntos de medición

Días en los que se realizaron las mediciones.

20 de Diciembre de 2012

20 de Enero de 2013

20 de Febrero de 2013

19 de Marzo de 2013

20 de Abril de 2013

Se ha considerado como medida más representativa de la grieta aquella más ancha, de las tres tomadas en cada peldaño. A continuación se recoge una tabla con las medidas mayores recogidas a lo largo de los días de medición y su variación, que ha sido nula.

Nº peldaño	20/12/2012	20/01/2013	20/02/2013	19/03/2013	20/04/2013
1	8 mm	no cambia	no cambia	no cambia	no cambia
3	2 mm	no cambia	no cambia	no cambia	no cambia
5	11 mm	no cambia	no cambia	no cambia	no cambia
12	5 mm	no cambia	no cambia	no cambia	no cambia
16	16 mm	no cambia	no cambia	no cambia	no cambia
24	4 mm	no cambia	no cambia	no cambia	no cambia

También hay que tener en cuenta que algunos de los peldaños más arriba de aquellos nuevos, tienen en el interior de las fracturas mortero de unión, probablemente integrado en las últimas intervenciones, por lo que las medidas más representativas corresponderían a los tres primeros peldaños y al nº 12, sin material de sellado añadido en la junta.

### 11.5.3. Conclusiones

Debido a la tardía generación de la hipótesis no se ha realizado un seguimiento de la evolución de las grietas desde el inicio del proyecto, sólo en los últimos 5 meses, por lo tanto, a pesar de que no se haya producido ninguna evolución, existe la posibilidad de que realizando un seguimiento durante un período más largo se hubieran producido. Es posible que el margen de evolución sea mayor y por lo tanto no ha sido posible verificarlo. Aún así, la rotura de los tres primeros peldaños, cambiados en 2004, indica que existe un comportamiento diferente entre la cimentación del muro del cuerpo áulico y la del muro basamental de la escalinata. Otra posibilidad es que, por un desplazamiento del terreno bajo la cimentación, se haya producido un asiento, que ha producido la rotura de los peldaños, pero que ya no evoluciona y por lo tanto no se verifica variación alguna en las grietas.

Algo muy probable es que exista un deterioro de la cimentación, habiendo perdido masa a causa de la humedad capilar, pero ésto deberá ser comprobado cuando se realice el picado y retirada de la acera en la próxima intervención. Una vez al descubierta la cimentación, se podrá comprobar visualmente su estado así como el apoyo con otras pruebas diagnósticas que ayuden a determinar la consistencia e integridad de dicha cimentación.

A partir de ésa comprobación visual, se deberá decidir si es necesario realizar un recalce de las cimentaciones y/o rellenado y compactado del terreno por debajo de éstas. También se deberá tener en cuenta que una vez subsanado el problema de la humedad capilar, la degradación posterior de las cimentaciones será más reducida pero no inexistente.



## 12. PRUEBAS DESTRUCTIVAS



## 12. PRUEBAS DESTRUCTIVAS

*Las pruebas diagnósticas destructivas son aquellas que comprometen las propiedades físicas de un material y producen cambios en su estructura. En éste tipo de pruebas, la muestra analizada será destruída o alterada, por lo que no puede volver a desarrollar las funciones para las cuales ha sido creado el material.*

*En las pruebas diagnósticas destructivas:*

- *El muestreo debe ser lo menos dañino posible para el edificio.*
- *Numero reducido de muestras. Sólo las mínimas indispensables.*
- *La muestra debe ser representativa del fenómeno a examen.*
- *Los huecos creados en las extracciones de testigos deben ser rellenados con material compatible tanto estéticamente como física y químicamente.*

*En el caso de la escalinata, en la fase diagnóstica se ha realizado una prueba destructiva: la determinación del contenido de humedad con la termobalanza electrónica.*

*En éste proyecto también se han utilizado otros métodos destructivos como la Espectrometría IR o la Difractometría RX, pero han sido ya explicados en el capítulo concerniente a los materiales, ya que su empleo no ha sido para el diagnóstico de patologías si no para la caracterización de materiales.*

### 12.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

#### 12.1.1. Justificación de la prueba

Los datos registrados por las sondas ambientales situadas bajo las dos rampas de escalera han verificado una elevada humedad relativa. La UR% media ambiental obtenida bajo la rampa norte es de 92,63% y bajo la rampa sur del 91,93%, habiendo días que ha alcanzado el 96,5%.

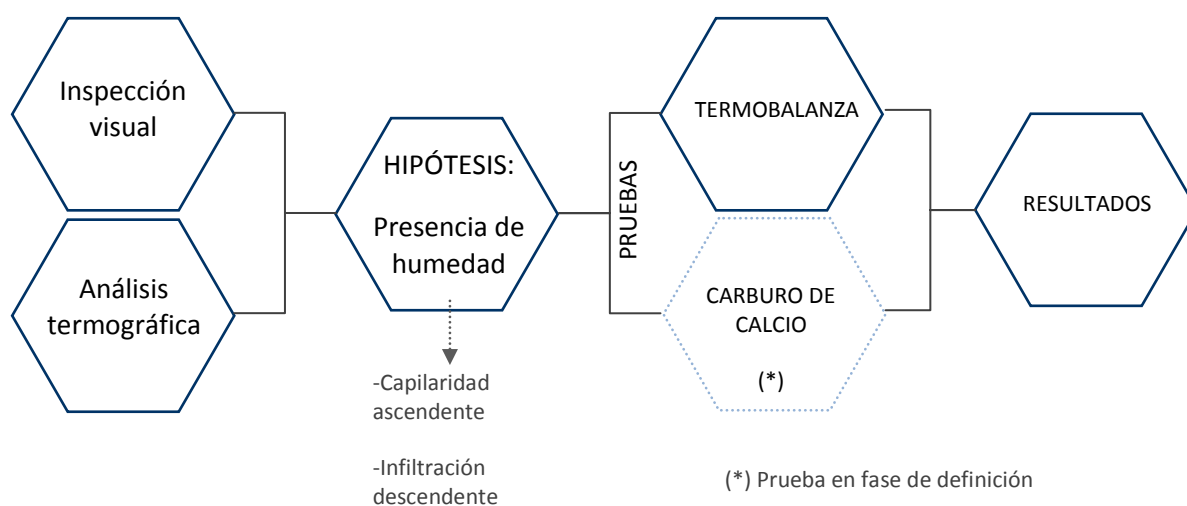
A pesar de haber detectado una Humedad Relativa media superior bajo la rampa norte, la prueba de determinación del contenido de humedad se realizará bajo la rampa sur ya que en ésta zona el intradós del muro basamental es accesible y en la zona norte se encuentra doblado por un tabique de ladrillo macizo que impide la toma de muestras.



Además, como ya se ha dicho en el capítulo 11, se ha podido detectar en la inspección visual un frente con humedad capilar ascendente y un frente con descenso de humedad por infiltración

de las zonas superiores. Ambas franjas son claramente visibles en la fotografía, dónde se aprecia también que existe un tramo aparentemente seco o que no presenta humedad en superficie.

De un modo independiente de los datos de las sondas, el análisis termográfico ha determinado puntos críticos de concentración de bajas temperaturas en la cara exterior del muro basamental, en zonas que podrían corresponderse con puntos de humedad infiltrada. Las conclusiones del procedimiento termográfico sólo pueden dar hipótesis que deberán ser comprobadas con procedimientos complementarios, y por lo tanto, para determinar si realmente existe una infiltración de humedad en los puntos determinados será necesario verificar el contenido de humedad en esas zonas. A día de hoy, ésta comprobación no se ha realizado todavía porque el equipo solicitado para la detección de la humedad con el método de carburo de calcio no llegó a tiempo durante el período de desarrollo del proyecto. Será tarea del Area EDILOG, interesada de éste estudio, valorar la futura realización de dicha prueba ya que la autorización ya fue concedida.



### 12.1.2. Procedimiento

A continuación se describe el método seguido para la determinación del contenido de humedad en el muro basamental de la escalinata. La toma de muestras se ha realizado sólo bajo la rampa sur por las razones que se acaban de citar. Para ésta prueba, el método a disposición ha sido el gravimétrico, realizado en éste caso con una termobalanza a infrarrojos con pesado en continuo.

No se pudo realizar la misma prueba con la termobalanza para muestras de la fachada exterior debido a la intensa lluvia que precipitó el día del préstamo del equipo.

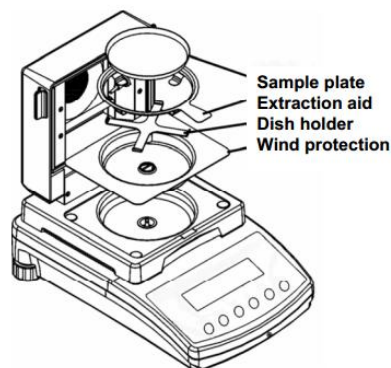
#### Termobalanza a infrarrojos

El método gravimétrico para la detección del contenido de humedad a través de la termobalanza permite obtener el peso original de la muestra y aquel después de la evaporación de la humedad contenida, que a través de simples cálculos explicados en los



apartados sucesivos, dará el porcentaje de humedad presente en la muestra y por lo tanto de ésta fracción de muro.

El modelo de termobalanza utilizado es KERN MLS Version 1.2 12/2006 y ha sido prestada para la prueba por el Ing. Paolo Roffina.



Campo de pesaje: 50 g.

Risolución: 0,001 g. (0.01%)

Carga mínima: 5 mg.

Indicaciones del Display: Tiempo de secado, temperatura actual, % pérdida de masa.

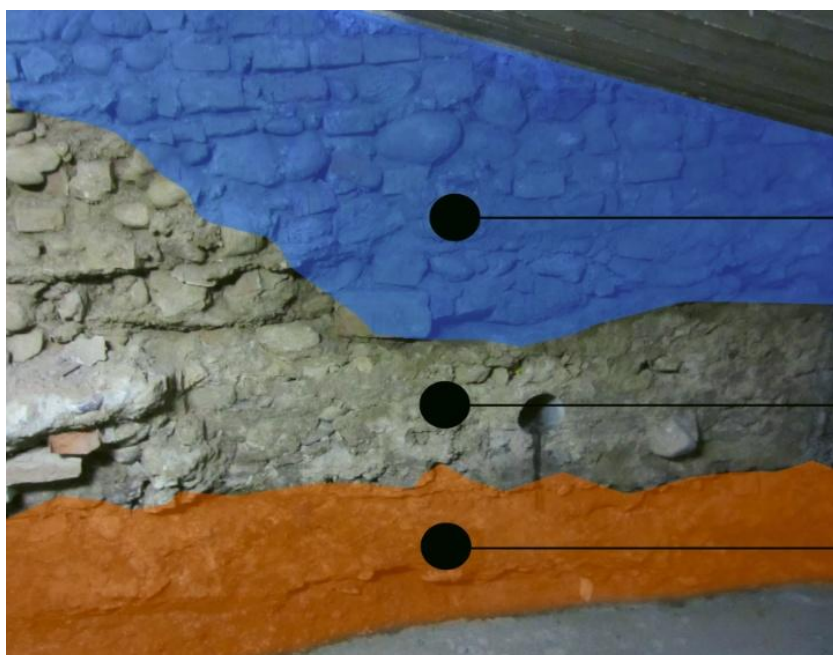
Luz alógena de cristal de cuarzo de 400 watt.

Los pasos seguidos para la realización de ésta prueba son los siguientes:

1. Determinación de los puntos de toma en el intradós del muro basamental de la escalinata, bajo la rampa sur.
2. Toma de muestras a través de martillo y cincel. Las muestras serán conservadas en tubos de plástico cerrados para mantener lo posible la humedad real y evitar el secado de éstas. En éste caso de estudio, no ha sido necesario trasladar las muestras a un laboratorio ya que la termobalanza se ha llevado al lugar de la prueba y se ha posicionado en la estancia adyacente a la zona bajo rampa. Por ésta razón, las muestras se han ido tomando mientras la termobalanza realizaba el secado de la precedente y así sucesivamente.



Se ha medido la altura de los puntos de toma desde el plano de trabajo, es decir, la cara superior de la losa de cimentación que se encuentra aproximadamente a -8,00 m de la cota de referencia 0,00 m, de la Sala de las Columnas.



Muestreo por zonas:

Humedad de infiltración: 1 muestra de mortero de cemento

Zona aparentemente seca: 2 muestras (mortero de cemento y ladrillo)

Humedad capilar: 2 muestras (mortero de cemento y ladrillo)

En la imagen se muestran las zonas de muestreo y se determina el número y tipo de muestras que se han tomado.

Humedad infiltración	Zona seca	Humedad capilar
1 muestra: mortero de cemento	2 muestras: 1 mortero de cemento 1 ladrillo cerámico	2 muestras: 1 mortero de cemento 1 ladrillo cerámico

### 3. Preparación y ajuste de la termobalanza electrónica:

- Colocación de la termobalanza en una superficie estable.
- Determinación del modo de medida. Se ha establecido medir el porcentaje de pérdida de masa.
- Ajuste de la temperatura máxima de secado y el modo en el que ésta aumenta. Para ésta prueba se ha programado 120 °C y una subida hasta ésta temperatura máxima en los primeros minutos para luego mantener los 120 °C en modo constante.
- Ajuste del punto de apagado. Se ha programado el apagado del secado cuando se verifique una variación de masa inferior a 1 mg en un tiempo de 20 minutos.

4. Colocación del plato para muestras sobre el apoyo en el interior de la termobalanza y tarado (valor inicial de peso = 0 g).

5. Colocación de la muestra sobre el plato y cierre de la tapa. En éste momento la máquina empieza a trabajar automáticamente siguiendo la programación anterior. Secará la muestra hasta que no pare de perder peso (según los ajustes de apagado).



6. Una vez terminado el ciclo, la termobalanza dará el peso inicial de la muestra, el peso final, el porcentaje de masa perdida y el tiempo que ha tardado en secarse.

Con éstos datos y a través del procedimiento de cálculo descrito a continuación, se obtendrá el valor del contenido de humedad de cada muestra.

$$\%U = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100$$

Dónde:

$m_1$ : Masa de la muestra antes del secado.

$m_2$ : Masa de la muestra después del secado.

Con la resta a  $m_1$  de  $m_2$  se obtiene la masa del agua contenida en la muestra y a continuación se divide por la masa inicial para obtener, multiplicando por 100, el porcentaje de humedad.

### 12.1.3. Resultados y conclusiones

A continuación se muestra una tabla con los datos de tipo de muestra y altura medidos in situ, el peso inicial y final determinado por la termobalanza y el % de humedad contenida en la muestra y por lo tanto en esa porción de muro y tipo de material.

Nº	Material	Altura toma (m)	Tipo Humedad	Peso inicial (g)	Peso final (g)	% Humedad
1	Mortero de cemento de junta	1,44	Seco	27,902	25,621	8,175
2	Ladrillo cerámico	1,38	Seco	8,937	8,872	0,727
3	Mortero de cemento de junta muy disgregado	0,45	Capilar	5,824	5,326	8,567
4	Ladrillo cerámico	1,04	Capilar	12,306	10,519	14,520
5	Mortero de cemento de junta	2,85	Infiltración	5,355	4,7899	10,553

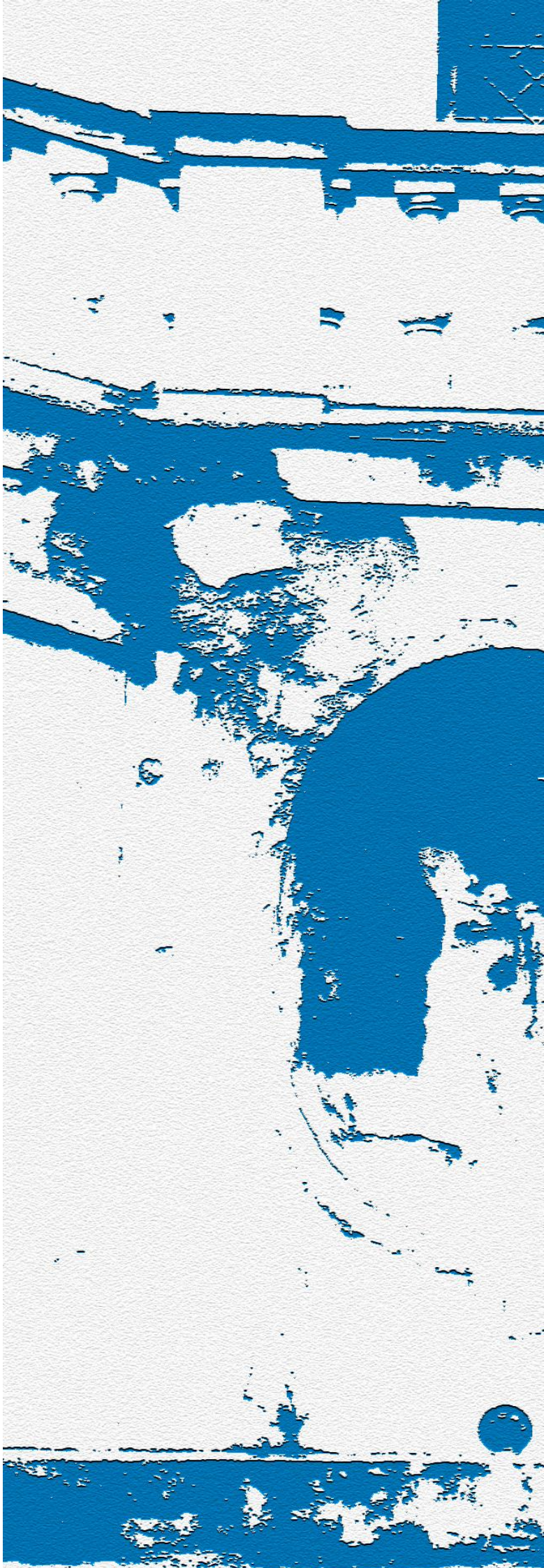


El contenido de humedad en el mortero de la zona aparentemente seca es similar al de la zona afectada por el frente de capilaridad ascendente.

Cabe mencionar que las muestras se han extraído a una profundidad máxima de 5 cm, por lo que se tratará de la humedad contenida en las capas exteriores del muro deduciendo que existen mayor contenido de humedad en el interior de muro, al menos en la zona de humedad capilar.

La humedad media en ésta zona bajo la rampa sur, registrada por las sondas durante un mes es de 91,93%, con picos de más del 96 % por lo tanto ésto también influye en el contenido de humedad de las capas superficiales del muro.

Otro factor a tener en cuenta es que la termobalanza descompone la muestra químicamente y por lo tanto evapora también el agua de composición del material, que se ve sumada al porcentaje de humedad contenida.



## **13. CONCLUSIONES FINALES SOBRE LOS PROBLEMAS**



## 14. CONCLUSIONES FINALES SOBRE LOS PROBLEMAS DE LA ESCALINATA

*En éste capítulo se intentarán definir de nuevo todos los problemas encontrados, pero esta vez, teniendo en cuenta las conclusiones particulares obtenidas gracias a las pruebas de diagnóstico realizadas. Dichas pruebas han contribuído a comprobar algunas hipótesis y a respaldar las conclusiones.*

Como conclusión principal, cabe destacar que el mayor agente alterante que afecta a la escalinata objeto de éste estudio, es el agua, en las variantes ya explicadas anteriormente. De su acción se derivan la mayor parte de las patologías identificadas. No obstante, las causas desencadenantes de los problemas son generalmente defectos de ejecución que podrían haberse evitado o carencias de realización de determinadas actuaciones.

La humedad que absorben los muros del terreno por capilaridad los está debilitando, produciendo entre otras cosas, la disgregación de sus componentes y pudiendo mermar la estabilidad. La superficie del intradós está muy disgregada y se pueden arrancar partes de ladrillo pulverulento o de mortero sin realizar ningún esfuerzo.

En la prueba de determinación del contenido de humedad, en la zona identificada como la afectada por humedad capilar, se ha determinado un contenido de humedad en ladrillo del 14% y en el mortero del 8,5%, cosa que contribuye a producir una mayor disgregación de dichos componentes. Como ya se ha mencionado en el capítulo de la determinación de la humedad, éste dato de contenido de agua es realitivo debido a que el método utilizado para la prueba, la termobalanza electrónica, seca también el agua de composición propia del material. No obstante, se trata de datos alarmantes teniendo en cuenta que no se ha penetrado demasiado en el muro para extraer la muestra, pudiendo deducir que en el interior la humedad contenida en los materiales comformantes del muro es mayor.

De la acción de la humedad capilar, junto con la comprobación y seguimiento de las grietas de los peldaños, se puede deducir un posible asiento de la cimentación. El asiento diferencial debido a una pérdida de volumen de la cimentación a causa de la acción agresiva de las aguas subterráneas es un tema que deberá ser corroborado antes de afirmar su veracidad. No obstante, los datos obtenidos sobre el contenido de humedad de los materiales en la franja de humedad capilar y la continuidad entre la grietas de rotura de los peldaños de la zona baja de la rampa sur parecen indicar que éste asiento existe.

La humedad capilar sólo ha sido detectada a través de la termografía en la zona de ladrillo del cuerpo emergente central, pero esto se debe probablemente a la utilización de un revoque macroporoso en la zona baja de la fachada. Como ya se ha mencionado en el capítulo de las pruebas no destructivas, también puede ser debido a la limitada profundidad a la que actúa la termografía de 2 a 4 cm, pudiendo encontrarse la humedad en estratos más internos del muro y quedando así oculta para ésta método diagnóstico.

Es evidente que en obras de rehabilitación anteriores se instaló una lámina impermeabilizante bajo los peldaños de escalera, ya que es visible en algunos puntos de encuentro entre elementos de piedra, pero se puede deducir por la evolución de las patologías asociadas a este tipo de humedad que dicha lámina no ha cumplido su función. El agua se infiltra a través de los puntos de encuentro mal ejecutados en la escalinata y produce grandes daños tanto estéticos como estructurales (manchas de material llevado al exterior, colonización biológica, debilitamiento de la estructura, etc.).

La baja efectividad de la lámina puede deberse tanto a una incorrecta puesta en obra (altura mínima con encuentro vertical, falta de estanqueidad en la junta con la barandilla...) como a posibles perforaciones de dicha lámina debido a una incorrecta o inexistente protección de la misma. Esto solo podrá ser comprobado una vez retirados los peldaños de piedra.

Además, se encuentran problemas de ejecución de la impermeabilización muy evidentes, como se ha podido ver en las fotografías del Capítulo 10. En la rampa norte la impermeabilización termina por encima del primer peldaño sin sumidero de recogida alguna, dejando salir el agua directamente a la acera, que además tiene la pendiente contra el peldaño, cosa que propicia que el agua no sea evacuada, quedándose en ese lugar hasta su evaporación.

En los puntos de encuentro de la barandilla con los peldaños, donde la impermeabilización es visible, es posible introducir la mano entre dicha lámina y la barandilla, comprobando así la carencia o insuficiencia de sellado.

Del mismo modo que para la humedad capilar, en la prueba con la termobalanza se ha detectado un valor del 10,5% de humedad en la muestra de mortero extraída de la zona superior del intradós del muro basamental, con presencia de humedad por infiltración.

El agua que ha penetrado en los muros basamentales ha llegado a saturar el elemento, que ha abierto nuevas vías de salida del agua absorbida, destrozando el revestimiento. Además, se ha podido comprobar cómo el agua se ha infiltrado en la losa de escalera de la rampa sur corroyendo sus armaduras y haciendo descocharse a la capa de recubrimiento, dejándolas a la vista.

A pesar de no haber podido realizar las mismas comprobaciones de muestras del intradós del muro de la zona norte, se puede deducir que también existe infiltración, ya que es visible en algunos puntos la zona de salida al exterior del agua infiltrada.

La disposición de las sondas no se ha demostrado tan efectiva como se pensaba en un principio, pero ha contribuido a la comprobación y comparación de las condiciones ambientales bajo ambas rampas, que han resultado muy similares, con una humedad relativa ambiental muy elevada.

El hecho de que en la rampa norte los muros originales hayan sido doblados o reforzados con dos nuevos muros de ladrillo macizo imposibilita la comprobación del estado de los intradoses,



pero gracias a las sondas, se puede afirmar que existe también una humedad elevada, que en términos de humedad relativa, es incluso mayor que bajo la rampa sur. En los ladrillos de los nuevos muros han aparecido eflorescencias superficiales de pequeña entidad que también reflejan la humedad.

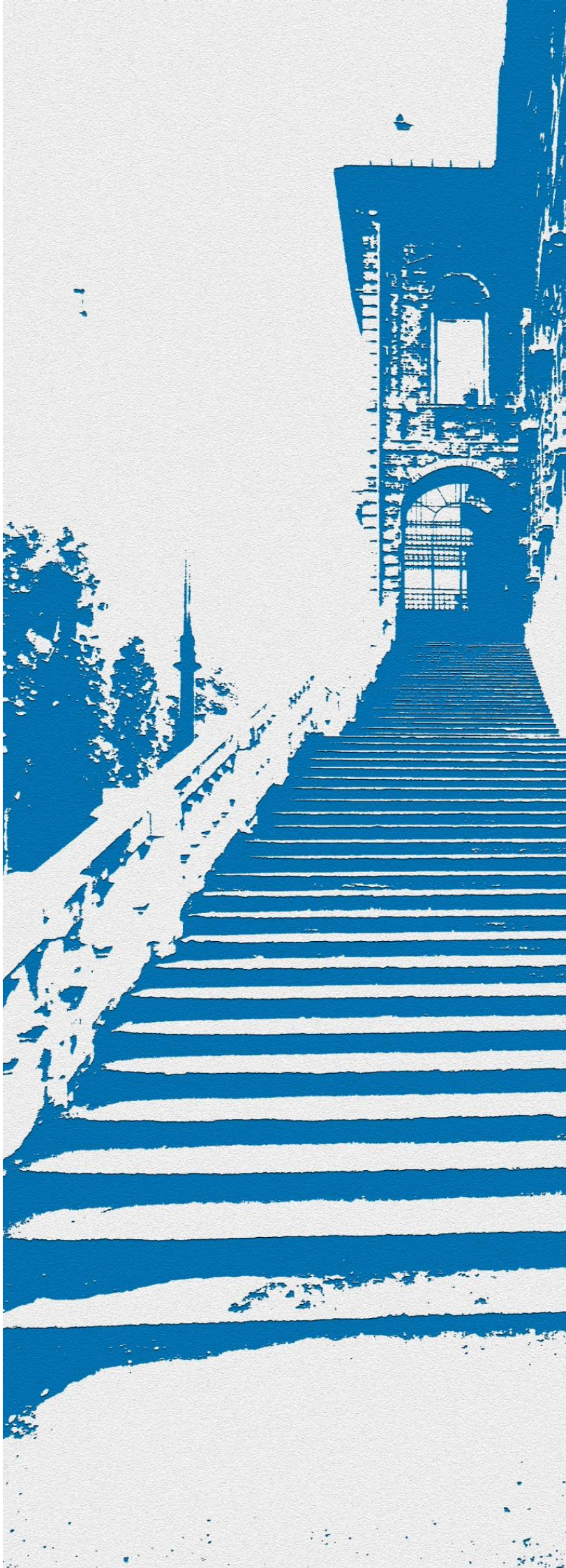
Por si la incorrecta ejecución de la impermeabilización fuera poco, la comprobación de las pendientes de los peldaños ha revelado que la mayor parte de estos mandan el agua contra la barandilla, por donde se infiltra hacia el interior. Además, algunos de los peldaños tienen pendiente 0% hacia el exterior o incluso una ligera pendiente hacia el interior, lo que hace que el agua permanezca en el peldaño y se infiltre por otros puntos de sellado deficiente.

Aunque no ha sido posible realizar la prueba de determinación del contenido de humedad bajo la rampa norte, sí se ha realizado el análisis termográfico (prueba descartada en la rampa sur los días de sol debido al gran número de sombras sobre el elemento). Dicho análisis, ha ayudado a identificar posibles puntos en los que el revoque se ha separado del soporte, que han sido comprobados con el knocking test. Se ha comprobado que la zona baja de la fachada basamental tiene diversas partes con el estrato de revoque separado del soporte aunque aparentemente no lo parezca.

La termografía también ha identificado posibles puntos con humedad infiltrada que desafortunadamente no ha sido posible comprobar con métodos complementarios. En día que se concedió la termobalanza las condiciones climáticas exteriores (lluvias torrenciales) no permitieron la realización de la prueba en esta parte. También fue solicitado el equipo de carburo de calcio al Area EDILOG, que autorizó su uso y la extracción de muestras, pero no llegó a tiempo para realizar la prueba dentro de los plazos del presente proyecto.

Los elementos de piedra además de la posible agua absorbida y de su efecto agresivo, están expuestos a otros agentes degradantes como pueden ser los microorganismos, que proliferan en presencia de humedad o las partículas en suspensión del aire. Para evitar un mayor deterioro de estas piezas centenarias será necesario determinar la disposición de materiales protectivos.





## 14. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN



## 16. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

*La mayoría de los problemas que afectan a la escalinata se derivan de la acción del agua, ya sea por ejemplo la caída de revestimiento a causa de la presión que las sales transportadas por la humedad capilar ascendente ejercen en su cara interna o las manchas de lavado de las superficies por efecto de la lluvia. Además, los efectos de la acción degradante del agua se han visto empeorados por graves defectos de ejecución.*

*Así pues, en primer lugar se deberán realizar los trabajos necesarios para eliminar las causas de la degradación y posteriormente reparar los daños producidos. Es fundamental acometer el problema desde la causa, ya que si se sanan los daños estéticos pero aquello que produce el daño no se elimina, volverá a aparecer en lo sucesivo. Los trabajos de mayor envergadura que se contemplan en este apartado son la construcción de un drenaje del muro y la correcta realización de la impermeabilización de las escaleras.*

### 16.1. REFERENCIAS A LA NORMATIVA DE APLICACIÓN

La norma de referencia en materia de intervención en el Patrimonio Arquitectónico es el Decreto Legislativo del 22 de enero de 2004, n. 42, del Estado italiano: "*Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137*"<sup>1</sup>. Dicha normativa se ve reforzada por normas a nivel nacional, como el Decreto del Presidente de la Republica del 6 Junio de 2001, n. 380: "*Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*"<sup>2</sup>, texto unico para todos los procesos edificatorios, que incluye los trabajos de rehabilitación.

D.Lg.l.s del 22 de enero de 2004, n. 42:

Art. 18. Vigilancia. La vigilancia e inspección de los bienes culturales es competencia del Ministerio, pero podrá proceder en coordinación con los organismos regionales.

Art. 19. Inspección. La superintendencia podrá proceder en cualquier momento, con preaviso no inferior a cinco días, excepto en caso de urgencia extrema a comprobar el estado de conservación y de custodia de los bienes culturales.

Art. 20. Intervenciones prohibidas. Los bienes culturales no pueden ser destruídos o dañados y no pueden ser empleados para usos no compatibles con su caracter histórico o artístico o que dañen su conservación.

Art. 21. Intervenciones sujetas a autorización. La ejecución de obras y trabajos de cualquier índole sobre los bienes culturales queda subordinada a la autorización de la Superintendencia. La autorización podrá ser emitida sólo después de la presentación de un proyecto o una

<sup>1</sup> Código de los bienes culturales y del paisaje, en relación al artículo 10 de la Ley del 6 de julio de 2002, nº 137.

<sup>2</sup> Texto único de las disposiciones legislativas y reglamentos en materia edificatoria.

descripción técnica de la intervención presentados por el solicitante que podrá contener prescripciones.

Art. 27. Situación de urgencia. En caso de absoluta urgencia podrán realizarse las intervenciones provisionales indispensables para evitar daños el bien tutelado.

Art. 30. Obligaciones de conservación. El Estado, las regiones, otros entes públicos territoriales y cualquier otro instituto público tienen la obligación de garantizar la seguridad y la conservación de los bienes culturales de su pertenencia.

Art. 35. Financiación del Ministerio. Si las intervenciones son en relación a un bien de uso y disfrute público, el Ministerio puede encargarse de la totalidad del presupuesto de la intervención.

Decreto del Presidente de la Republica del 6 Junio de 2001, n. 380:

Art. 3. Definición de las intervenciones edilicias:

a) Mantenimiento ordinario: intervenciones relativas a las obras de reparación, renovación o sustitución de los acabados de los edificios y aquellas necesarias para conservar la eficiencia de las instalaciones tecnológicas existentes.

b) Mantenimiento Extraordinario: obras y modificaciones necesarias para renovar y sustituir incluso partes estructurales de los edificios y para realizar conservación de los servicios sanitarios e instalaciones, siempre que no alteren los volúmenes y las superficies de las unidades inmobiliarias independientes y que no comporten cambios de uso.

c) Intervenciones de rehabilitación y de restauración conservadora: intervenciones edilicias orientados a conservar el organismo edilicio y a asegurar la funcionalidad mediante un conjunto de trabajos que respetando los elementos tipológicos, formales y estructurales de dicho organismo, consientan usos compatibles. Tales intervenciones comprenden, consolidación, restauración y renovación de los elementos que constituyen el edificio, inserción de nuevas instalaciones requeridas por el uso y la eliminación de elementos extraños al organismo edilicio.

A raíz de las anteriores definiciones se puede englobar la mayor parte de la siguiente propuesta como "intervención de rehabilitación y de restauración conservadora", aunque la intervención en las rampas de escalera se califica como "mantenimiento extraordinario" ya que se realiza para frenar un deterioro que está dañando la estructura.

Como se ha mencionado anteriormente en el D.Lg.s del 22 de enero de 2004, será necesario comunicar y solicitar autorización para la realización de cualquier intervención de rehabilitación.

## 16.2. PROPUESTA

*En ésta sección se intentarán proponer soluciones que intenten eliminar las causas de la degradación así como los trabajos necesarios para devolver la apariencia original a la escalinata monumental. En el Anexo 12 se encuentran los detalles constructivos relativos a la presente propuesta.*

### Solución de la escorrentía de las aguas y de la impermeabilización

Para garantizar una correcta escorrentía de las aguas por los peldaños y poder comprobar el estado de la impermeabilización, será necesario retirar las placas de piedra, ya que se ha determinado que las pendientes de dichos peldaños no han sido correctamente ejecutadas y tampoco la impermeabilización, ya que aparecen claros signos de infiltración.

Antes de retirar una a una las placas de los peldaños, será necesario retirar el mortero de revestimiento y de unión que se encuentra en contacto con estos en la parte baja de la fachada del cuerpo áulico, ya que los peldaños están embebidos de unos 20-30 cm en el muro en este lado. Sólo se retirará ésta parte ya que en las zonas superiores han aparecido manchas por lavado indirecto que pueden ser limpiadas.



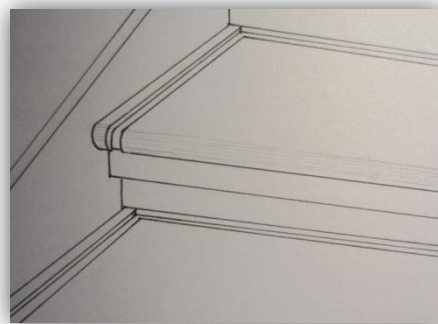
Además, se deberá realizar la escarificación de las juntas de los peldaños. Tanto las juntas entre ellos mismos como la junta de sellado con la balaustrada de mármol serán retiradas para facilitar la extracción de los peldaños. Se debe proceder con la mayor precaución posible para no dañar las piezas.

Antes de retirar las placas, se deberán apuntalar los forjados para garantizar la estabilidad tras la variación de cargas. Cabe notar que bajo ambas rampas, existen todavía colocados puntales, dejados por la empresa que realizó los últimos trabajos de intervención en la fachada del cuerpo áulico. Será necesario comprobar la efectividad de dichos puntales, procediendo a su sustitución en caso de que fuera necesario.

Una vez retirado el material de junta, se retirarán las placas de gneis una a una, empezando desde arriba y descendiendo. El izado de las placas deberá realizarse con los equipos de suspensión adecuados y con los puntos de apoyo necesarios para evitar su rotura, ya que se trata de elementos de hasta 4 metros de largo que pueden llegar a pesar más de 700 kg.

La limpieza y tratamiento de los elementos de piedra se tratará en sucesivos apartados, pero ya que los peldaños han sido retirados, se coseguirá una limpieza mas exhaustiva de los elementos si se realiza con estos fuera de su posición ya que se tiene acceso a toda su superficie.

Para favorecer la evacuación de las aguas, se realizará una hendidura a modo de pequeño canal de recogida en cada placa de piedra. El canal seguirá el trazado indicado en este esquema. En el anexo 12a se pueden encontrar más detalles al respecto. El tallado de dicho canal en cada peldaño contribuirá a la disposición del material de sellado entre peldaños cuando se vuelvan a colocar en su posición.



Tras la retirada de los peldaños se debe proceder al vaciado del lecho de cal y arena sobre el que descansaban dichos elementos para poder realizar un control del estado de la impermeabilización. No es posible definir exactamente en esta propuesta la intervención a realizar sobre la impermeabilización ya que se deberá elegir en función del estado en el que se encuentre el elemento una vez sea inspeccionable.

Según el número de roturas y el daño ocasionado (relativo a la estabilidad, la funcionalidad o el acabado), se realizará la reparación o la sustitución de la lámina impermeabilizante. En el caso de la reparación, las perforaciones deberán repararse con material igual o similar compatible con en de la lámina actual. Así mismo, en el caso de que la prolongación de la lámina por el paramento vertical no llegue a los 20 cm, deberá realizarse con el refuerzo o doblado de la lámina en ése tramo.

Aplicando el mismo criterio que para las cubiertas planas, debido a que la inclinación del forjado es superior a 15% (alrededor de 30%), en el caso de que sea necesario instalar una nueva impermeabilización, la fijación de dicha lámina deberá realizarse a través de medios mecánicos. Los solapes deberán realizarse en la dirección de evacuación de las aguas para evitar que entre el agua.

La impermeabilización debe prolongarse por el paramento vertical hasta una altura de 20 cm como mínimo por encima del acabado. Este solape se dispondrá mediante una roza en el muro en la que debe recibirse la impermeabilización con mortero formando aproximadamente un ángulo de 30° con la horizontal.

En el extremo en el que los peldaños encuentran con la barandilla no es posible prolongar la impermeabilización hasta 20 cm, por lo que se prolongará mínimo 2 cm por encima de la línea imaginaria que une los puntos más externos de los peldaños, como se puede ver indicado en amarillo en la siguiente fotografía.

La distancia entre la cara superior del peldaño y la cara superior de las piezas basamentales de la barandilla es variable, ya que existe una ligera diferencia entre la pendiente de la rampa y la pendiente de la barandilla. Por lo tanto sería conveniente marcar la línea imaginaria hasta donde se debería colocar la impermeabilización antes de retirar los peldaños para facilitar la puesta en



Altura impermeabilización

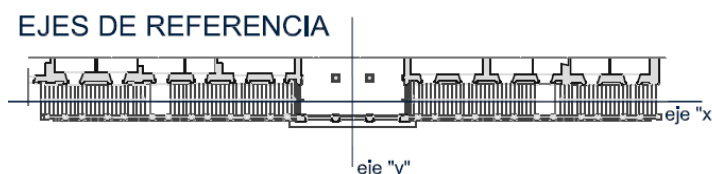


obra. El adherido de la lámina a la piedra deberá realizarse con materiales compatibles que garanticen el sellado estanco de la junta y la correcta adherencia de la lámina al soporte.

Tras la ejecución de la impermeabilización, se dispondrá un geotextil y se rellenará hasta el nivel de colocación de las placas con lecho de cal y arena, dónde apoyarán estas. En este punto, se deberá poner especial atención en la correcta inclinación de las placas, para darles la pendiente adecuada, ya que es un de los problemas que se intentan solucionar con esta intervención.

Las pendientes a dar a las placas son:

-En la dirección del eje "y", pendiente 0%. Así se evitará que el agua vaya a discurrir hacia la barandilla o hacia la fachada.



-En la dirección del eje "x", pendiente entre 1 y 3% hacia el exterior, para garantizar la evacuación de las aguas de peldaño a peldaño, sin hacer la subida o el descenso incómodos.

El orden de disposición de las placas será de abajo hacia arriba, al contrario que para su retirada.

Para garantizar un sellado más estanco de la junta y también por razones estéticas, tras la colocación de los peldaños, se dispondrá un rodapié de mármol, que cubra desde la cara superior del peldaño hasta la cara superior de las piezas de basamento de la barandilla, adaptándose a las variaciones de dimensión.

Sería conveniente realizar un replanteo previo de la colocación de las piezas de rodapié para reducir la cantidad de material necesario y programar el corte requerido.



Superficie interesada de la disposición del rodapié

En el el otro extremo de los peldaños, en el el encuentro con la fachada del cuerpo áulico, también se dispondrá un rodapié con la intención de reforzar el sellado de estos dos puntos críticos que tantos problemas han causado anteriormente.

Las juntas de éstos elementos deberán ser realizadas con materiales que garanticen un cierre estanco, ya que de no ser así, el problema de las infiltraciones se repetiría de nuevo rápidamente.

La lámina impermeabilizante deberá confluir en un sumidero longitudinal plano dispuesto en paralelo a las placas de los peldaños en el arranque de ambas rampas de escalera (detalle Anexo 12a). Ambos sumideros se conectarán a una arqueta doble que reciba por un lado, las aguas del sumidero y por otro las den drenaje, para reducir así el riesgo de obstrucciones.

### **Aislamiento de estancia habitable**

Bajo la rampa sur, en la zona más próxima al cuerpo emergente central, se encuentra una estancia habitable utilizada actualmente como sala comedor-cocina del departamento de Infraestructuras.

El resto de estancias bajo las rampas no son habitables y están dedicadas a uso de almacén de material que no requiere un cuidado especial, o en caso de las estancias creadas con la intervención del 2000/2001, son solo registrables y no tienen atribuido ningún uso.

Debido a esto se ha decidido no aislar térmicamente la totalidad de las losas de escalera, ya que los usos no lo requieren. Por el contrario se opta por proponer el aislamiento de la estancia a uso comedor-cocina con un sistema instalado por el intradós para evitar añadir problemas de espesores en el extradós de las losas de rampa.

El sistema propuesto, tipo Weber-therm, fija de modo mecánico, en seco, a través de pequeñas raquetas a la bóveda un panel aislante mineral de baja densidad, pudiendo dar al aislamiento la forma deseada, en este caso curva. Detalle constructivo en Anexo 12a.

### **Recalce de la cimentación**

En la fase de diagnóstico se ha establecido que no ha sido posible determinar si realmente existe un asiento diferencial. Además, tampoco ha sido posible comprobar si en los trabajos de 2003/2004, se procedió a recalzar la cimentación, como dice el proyecto, o por el contrario, éste no fue realizado.

Por lo general, antes de excavar se recomienda la utilización de métodos superficiales como el georadar para la comprobación de las cimentaciones pero ya que en este caso se va a realizar un canal de drenaje para el muro exterior, será necesario eliminar la acera de cemento. Este proceso se llevará a cabo a través de medios mecánicos, con martillo neumático, teniendo en cuenta el trazado de la red de alumbrado público que discurre bajo la acera y las arquetas de recogida de aguas pluviales, recurriendo a medios manuales cuando la situación así lo requiera.

Una vez retirada la acera y realizada la excavación de una zanja con su correspondiente merma se procederá a la comprobación del estado de las cimentaciones, a la valoración del grado de disgregación y a la determinación del tipo de intervención a realizar.

En el caso de necesitar un recalce sería necesario realizar un cálculo<sup>3</sup> de las cargas actuales del muro y de su peso propio, mayorado por un incremento de carga y de tensión en la base del muro. El tipo de recalce se debe elegir en función del tipo de cimentación, y en este caso, el muro estructural apoya sobre un cordón de piedra continuo.

---

<sup>3</sup> en base a Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 14.01.2008

Los tipos de recalce superficial más empleados son:

- Ensanche de zapatas en su plano
- Ensanche de zapatas por puenteo
- Creación de losas
- Profundización del plano de apoyo
- Refuerzos de zapatas por inyección
- Refuerzos de zapatas por confinamiento
- Mejora del terreno

La ejecución del recalce se realiza, en términos generales, del siguiente modo: Se realiza un apuntalamiento general, sucesivamente se transfieren las cargas al apuntalamiento para así descargar la cimentación a recalzar. Sucesivamente se contruye el recalce determinado por el cálculo y por último se transmiten las cargas del apuntalamiento al cimiento final.

Cabe destacar, que en las estancias bajo las rampas de escalera se construyeron losas de cimentación que encuentran con los muros existentes, por lo que es posible que en caso de necesitar un recalce, se pudiera operar sólo por el extradós del muro o realizando pequeñas conexiones entre ambos lados.

La determinación de la realización de un recalce y su tipología queda aplazada hasta el momento de la comprobación del estado de la cimentación una vez comenzados los trabajos de apertura de zanja para la realización del drenaje.

#### Drenaje del muro basamental de la fachada

Siguiendo las pautas del Código Técnico de la Edificación, se ha procedido al dimensionado aproximado del tubo de drenaje del muro basamental de la escalinata, afectado por la humedad de ascensión capilar. Con la ejecución de este drenaje se pretende disminuir el nivel de las aguas subterráneas para frenar las ascensión a través del muro.

Para realizar ese dimensionado, es necesario conocer primero el Grado de impermeabilidad mínimo exigido al muro en cuestión. Para ello, se debe determinar la presencia de agua en función del nivel freático. Los datos piezométricos aportados por el ARPA Piemonte lo situaban varios metros por debajo de la cimentación del muro, pero la presencia de la humedad por capilaridad del terreno lleva a pensar que existan niveles secundarios superiores de aguas subterráneas, por lo que se elegirá como Media la presencia de agua. El coeficiente de permeabilidad del terreno de los depósitos fluviales de los Alpes occidentales puede encontrarse entre 0,02 y 0,16  $K_s$ . Por lo tanto, según la tabla siguiente, el grado de impermeabilidad mínimo exigido por el muro a intervenir es 3.

**Tabla 2.1 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a los muros**

Presencia de agua	Coeficiente de permeabilidad del terreno		
	$K_s \geq 10^{-2}$ cm/s	$10^{-5} < K_s < 10^{-2}$ cm/s	$K_s \leq 10^{-5}$ cm/s
Alta	5	5	4
Media	3	2	2
Baja	1	1	1

Para el drenaje perimetral del muro, el diámetro nominal mínimo será de 200 mm, y la pendiente del tubo entre 5% y 14%.

Tabla 3.1 Tubos de drenaje

Grado de impermeabilidad <sup>(1)</sup>	Pendiente mínima en ‰	Pendiente máxima en ‰	Diámetro nominal mínimo en mm	
			Drenes bajo suelo	Drenes en el perímetro del muro
1	3	14	125	150
2	3	14	125	150
3	5	14	150	200
4	5	14	150	200
5	8	14	200	250

Además, el CTE da las pautas para obtener el cálculo del caudal de drenaje por metro lineal de muro, resultado que permite elegir el diámetro del dren de un modo más específico. A pesar de ello, la mayoría de los datos requeridos para dicho cálculo son desconocidos o inciertos, como es el caso del nivel freático, que a pesar de encontrarse a -15 m en una estación de medida cercana, es posible que dada la proximidad al río, sea más alto.

Para la ejecución del drenaje será necesario excavar una zanja paralela al muro. El tipo de drenaje a realizar pretende absorber la mayor cantidad de agua posible del muro y por lo tanto no deberá ser instalada ninguna lámina impermeabilizante que separe el muro de los estratos filtrantes.

Tras realizar la zanja y una vez comprobado que no existe peligro de desplome, habiendo dejado la merma correspondiente, se limpiará la superficie del muro en contacto con el terreno y se dejará secar. Posteriormente se aplicará una capa de mortero de cal hidráulica.

En la base de la zanja se realizará una capa de regularización de 10 cm de espesor por unos 60 cm de ancho para el apoyo del tubo corrugado de drenaje con el fin de evitar que los picos de las corrugaciones apoyen directamente en el terreno de excavación.

Después, el tubo drenante debe rodearse de una capa de árido que lo recubra al menos en un espesor de 1,5 veces el diámetro del tubo, en cualquier punto, siendo el árido empleado procedente de depósito fluvial. El diámetro de los áridos irá variando por tongadas, siendo de menor diámetro a medida que se sube y la anchura de disposición de dichos áridos se abrirá en definición hasta un máximo aproximado de 2 metros, la anchura de la acera y se compactará. A continuación, el resto de la zanja se tamará con el material de excavación y se construirá la solera para el apoyo de la piedra de la acera. En el Anexo 12a se encuentran algunos detalles constructivos relativos al drenaje propuesto del muro.

El tubo de drenaje deberá ser de polietileno de alta densidad (PEAD), con exterior corrugado e interior liso tipo ECODEREN. La captación del agua en los tubos de drenaje se realiza a través de las perforaciones ubicadas en el valle de la corrugación del tubo (perpendicularmente al eje del mismo). Dichas perforaciones estarán ubicadas sólo en los 210° superiores de la circunferencia tubo y serán de 2 mm de diámetro. La forma corrugada del tubo garantiza una gran resistencia a los esfuerzos de empuje y aplastamiento del terreno.

En la documentación de proyecto de 2001, se había proyectado la realización de la acera en piedra de Lucerna, pero no fue realizado. Aprovechando que la acera se debe picar para la realización del drenaje, se ejecutará posteriormente en placas de esta piedra de 1 x 2 m.

Un argumento de especial atención será la correcta ejecución de las pendientes de la acera, para evitar la acumulación de aguas en puntos sin canaleta de recogida ya que esto es de hecho un problema detectado en la rampa norte. Con la disposición de las placas de piedra de Luserna se podrá dar a la acera una pendiente adecuada más homogénea que con el cemento, ya que en el caso de estudio es bastante irregular.

Se debe tener en cuenta que la instalación de un drenaje sólo contribuye a bajar el nivel de las aguas subterráneas pero no seca el muro. Para ello se recomiendan métodos de desecación por electro-ósmosis pasiva, activa o inalámbrica.

### **Reconstrucción de los acabados de fachada**

#### *Fachada cuerpo áulico:*

Esta fachada, obviando la parte baja, zona de encuentro con los peldaños de la escalera, no ha sufrido grandes desconches, y gracias a la termografía, se puede afirmar que no existen áreas con revestimiento en proceso de separación del soporte.

La parte baja de esta fachada ha sido ya retirada, tanto la lechada de acabado como el revoque de cal, e incluso parte del soporte, para poder retirar las placas de piedra. Una vez ejecutada la impermeabilización y dispuesta la piedra, se procederá a rellenar el hueco restante.

El resto de dicha fachada ha sufrido un envejecimiento normal o natural que se produce al mismo tiempo que la totalidad del edificio y que conlleva una pérdida de color o la acumulación de la suciedad, que no comportan en sí mismas ningún efecto patológico grave.

La limpieza de los paramentos se puede realizar con agua abundante y cepillado con cepillo blando para eliminar la suciedad o a través de agua a media presión, a pistola. Este tipo de limpieza deja la superficie sin polvo y con la perfecta adherencia para aplicar la capa de pintura. Debido a su poder abrasivo, no se recomienda para estas superficies la limpieza con chorro de arena a presión.

La pintura, a base de sol de sílice tipo KEIM Soldalit, deberá tener un comportamiento transpirable para favorecer la evaporación de la posible agua que ascienda por capilaridad.

#### *Fachada basamental de la escalinata:*

En el caso de esta fachada, ambas partes están altamente dañadas, y en especial manera la parte más a la derecha ha perdido todo signo de revoque dejando a la vista el enfoscado del soporte.

La buena praxis conservativa establece que se deben mantener en la medida de lo posible los materiales originales de construcción que se encuentren, pero en algunos casos, proceder de este modo puede conllevar daños si no se hace del modo adecuado.

Como se puede ver en la fotografía, existen zonas dónde la sobreposición de morteros se ha realizado directamente sobre la pintura de acabado, reduciendo de éste modo, la adherencia entre capas.



Visto esto, se ha determinado oportuno retirar todos los morteros que se encuentren en proceso de separación del soporte, sean o no los originales, para dejar el soporte limpio y de este modo, conseguir una mayor adherencia entre capas.

La humedad capilar ha sido reducida con el drenaje, pero de todos modos, el revoque que se dispondrá en la parte baja de ésta fachada será de tipo macroporoso para favorecer la eventual evaporación de agua contenida en el interior del muro. Para ello, se deberá medir, con un higrómetro el nivel de la humedad y la solución macroporosa se realizará hasta una altura de 80 cm por encima del nivel de humedad capilar.

Tras la demolición del mortero existente, se debe proceder al cepillado en seco de las superficies resultantes para eliminar el polvo y cualquier otro material incoherente con el soporte.

Si se considera que la superficie a revestir resulta poco absorbente, se deberá realizar un estrato de "rinzafo" abierto tipo KEIM POROSAN Ausgleichputz NP, con mortero en polvo y ligante hidráulico a base de cemento puzolánico y arena dolomítica (DIN 998-1). El producto deberá tener una granulometría máxima de 5 mm y una resistencia a compresión mayor a 6 N/mm<sup>2</sup>.

Sucesivamente, se aplicará el primer estrato de mortero macroporoso a base de cal puzolánica, tipo KEIM POROSAN Trassanierputz-NP formulado según la normativa DIN EN 998-1. La aplicación de este primer estrato deberá ser de al menos 1 cm, sin alisar su superficie, ya que así se conseguirá una mayor adherencia de los estratos sucesivos.

Para maximizar la adherencia del revoque y evitar su descoche, se recomienda la disposición entre las dos capas de una malla antifisuración tipo A1. La correcta disposición será presionando dicha malla contra el primer estrato de revoque todavía húmedo.

Tras la finalización del primer estrato macroporoso se deberá esperar 1 día por cada mm de espesor de mortero aplicado para permitir que los macroporos del mortero comiencen a expulsar cristales de sal. Pasado este tiempo se cepillará la superficie de los residuos salinos

visibles, se humedecerá y se aplicará el segundo y último estrato de mortero que deberá tener un espesor mínimo de 1 cm con acabado fino.

Las zonas de fachadas que se encuentren a una cuota superior a la definida para el mortero macroporoso deberán ejecutarse con revoco a base de cal aérea con un espesor coincidente con el del mortero macroporoso.

Según las condiciones climáticas, tras 3 o 4 semanas tras la aplicación del revoque, tiempo necesario para su maduración, será posible proceder a la pintura de las superficies reparadas, mediante la aplicación con pincel, rodillo o pistola de pintura a base de silicato líquido de potasio<sup>4</sup>. El producto debe estar compuesto por sustancias minerales puras, pigmentos minerales resistentes a la luz y silicato líquido de potasio<sup>5</sup>, con un coeficiente de resistencia al vapor de agua  $S_d = 0,01$  y un coeficiente de absorción de agua  $W = 0,1 \text{ Kg} / \text{m}^2$ .

### **Limpieza y reparación de armaduras vistas**

En el capítulo de los problemas encontrados se ha hablado de que en las últimas visitas a la zona bajo la rampa sur de la escalinata, se ha podido notar que existen armaduras del forjado vistas a causa del desprendimiento de la capa de recubrimiento y otras zonas con hinchazón del hormigón, que antecede a la caída de éste. Este desprendimiento del material se debe al aumento de volumen de las armaduras en su proceso de corrosión por la acción del agua.

Después de la eliminación de las causas de la humedad, será necesario sanar las partes de hormigón degradadas y tratar las armaduras oxidadas. En primer lugar se deberá retirar el hormigón disgregado, aunque en este caso, se trata de pequeñas zonas.



Este proceso dejará todavía más a vista las armaduras corroídas que deberán ser repicadas para una correcta reparación. Dada su situación localizada se podría realizar mediante un repicado con cincel.

Una vez realizado esto, deberán ser limpiadas con chorro de arena, para eliminar todo resto pulverulento de su superficie y cualquier signo de corrosión.

Como se puede ver en la fotografía de la derecha entre las armaduras vistas, aparecen signos de óxido de otras armaduras, esto puede indicar que sucederá lo mismo con ellas próximamente, por lo que también se intervendrán.

<sup>4</sup> Conforme a las normativas VOB/C y DIN 18363 2.4.1

<sup>5</sup> Conforme a DIN EN 1061-1

A día de hoy existen cuatro armaduras a las que se les ha desprendido el recubrimiento de hormigón, pero la decisión de sobre cuales hay que intervenir deberá ser tomada una vez eliminada la humedad, ya que la acción del agua continua mientras no se ponga remedio, por lo que en el momento de la intervención es muy probable que la corrosión de armaduras se haya agravado.

Una vez limpiado el hormigón y las armaduras vistas, se procederá a aplicar un inhibidor de la corrosión<sup>6</sup>, de componentes orgánicos, tipo Sika FerroGard 903+, que forme un estrato protector sobre la superficie de las armaduras. Deberá ser aplicado a saturación con pincel o spray a baja presión. El numero de estratos dependerá de la porosidad y del contenido de humedad, con un máximo de tres capas. Tras la última capa, se deberá lavar con agua a baja presión la superficie y un día después, con agua a presión.

Las zonas de hormigón dañadas, serán regeneradas con mortero compatible con el material de protección de las armaduras, por lo tanto de tipo Sika MonoTop o similares, para recuperar las dimensiones originales.

A continuación, se debe aplicar una capa protectora contra los cloruros y la carbonatación, impermeable y transpirable que preserve la reparación realizada y evite de nuevo la corrosión de las armaduras.

#### **Limpieza y reparación de elementos cerámicos**

El cuerpo emergente en ladrillo visto a nivel de la calle Virgilio, correspondiente con el acceso al sótano del Castillo ha sufrido los efectos de la humedad capilar y por lo tanto, existen algunas piezas desintegradas.

En primer lugar se debe proceder a la limpieza de la superficie afectada. En el caso del tramo superior (en amarillo en la imagen) se realizará la limpieza con sistemas químicamente neutros. En la zona inferior, afectada por humedad capilar, se han decidido descartar los métodos de limpieza con agua para evitar introducir agua adicional en el muro por lo que se realizará con medios mecánicos manuales, mediante cepillado de la superficie y de los restos de ladrillo.



<sup>6</sup> Productos según: EN 1504-9: Products and systems for the protection and repair of concrete structures - Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity - Part 9: General principles for the use of products and systems.



Los ladrillos deteriorados deben ser sustituidos con piezas de propiedades físicas, hídricas y mecánicas similares a los originales. También es posible el empleo de plaquetas de 25 mm de espesor, en el caso de que exista el riesgo de dañar piezas sanas adyacentes. Las juntas entre estos deberán realizarse con mortero a base de cal aérea de Casale, con áridos de granulometría y características análogas a los empleados en el paramento original.

Tras la limpieza y reintegración, se realizará la consolidación con productos protectores no filmógenos y la hidrofugación con recubrimientos a base de silicatos para permitir la transpiración.

### **Limpieza y reparación de elementos pétreos**

Tras la realización de las fichas individuales de patología de los elementos pétreos, se ha determinado que no existen elementos en mal estado de conservación y por lo tanto, que necesiten sustitución, pero sí existen algunos elementos con estado calificado "Regular" y otros en estado de conservación "Bueno".

Según el estado del elemento será necesario profundizar en mayor o menor grado durante la intervención. En el Anexo 12b se presenta un esquema del alzado y la planta, dónde se indican, en su contexto, el estado de conservación de los elementos y por lo tanto, el nivel de intervención necesario.

Todos los elementos, independientemente de su estado de conservación deberán ser limpiados con sistemas químicamente neutros, a través de micro-chorro de agua y cepillado manual, para eliminar la suciedad y los depósitos superficiales o los restos de material disgregado en la superficie. También se deberá proceder a la escarificación de juntas en mal estado y a la eliminación de anteriores reintegraciones deterioradas realizadas con mortero.

Tras la limpieza, sobre los elementos con estado "Regular" deberán realizarse las siguientes intervenciones:

Una vez recolocados en su posición original, en las placas de los peldaños se realizará el relleno de las grandes fisuras generadas por la rotura en dos partes de algunas piezas. En intervenciones anteriores se ha procedido a la unión de las dos partes con grapas metálicas de cosido, pero actualmente la placa de piedra descansa en su totalidad, ya que apoya sobre un forjado, y por lo tanto, no es necesario que trabaje como un único elemento apoyado en dos extremos. No obstante, las juntas se deberán garantizar un sellado estanco para evitar la penetración del agua. Existen también algunos elementos de la balaustrada afectados por fisuras, que serán limpiadas y rellenadas.

En las piezas de la barandilla de mármol existen elementos, en los que falta parte de su volumen, que deberán ser reintegrados. Las faltas de material de mayor tamaño deberán ser reintegradas con piezas de mármol talladas a propósito y aquellas partes de menor dimensión podrán ser reconstruidas con mortero.

En algunas intervenciones pasadas se han sustituido o reintegrado elementos con mármol de los Alpes Apuanos, similar al mármol de Carrara, pero se prefiere que los mármoles elegidos para la reintegración de piezas provengan de canteras del Piamonte todavía en funcionamiento: como por ejemplo las del mármol de Prali o la de Verzino de Frabosa, por acercarse más a las características de los materiales originalmente empleados, todos ellos, provenientes del Piamonte.



Reintegración con Mármol de Carrara

Algunos peldaños también han perdido algún trozo, pero son de tamaño mas reducido, por lo que su reintegración se realizará siempre con mortero.

El aspecto final de las grietas y juntas no debe diferir del de la piedra en cuanto a color, brillo y textura, por lo tanto es recomendable que los áridos empleados en el mortero de retacado y rellenado, se empleen áridos obtenidos del mismo tipo de piedra que se está reparando. El mortero, una vez fraguado, debe ser químicamente estable y con características físico-mecánicas similares a las de la piedra. El rellenado de juntas con mortero adecuado se realizará en todas aquellas juntas que hayan sido escarificadas.

Tras la realización de las juntas, será necesario aplicar una capa de tratamiento protectoro, para conseguir frenar su degradación. Por su comportamiento, se recomiendan los productos consolidantes y protectivos de carácter silicoorgánico, ya que tienen una serie de características que los hacen idóneos para el tratamiento de la piedra. Algunas de estas características son: la influencia mínima sobre el color y el brillo de la piedra; estabilidad frente a agresión química y radiación ultravioleta; no generan productos secundarios; son de fácil aplicación ya que sólo necesitan una capa, facilidad de extracción, impermeabilidad al agua líquida y permeabilidad al vapor de agua. Además, algunos estudios establecen que éste tipo de materiales frenan la aparición de microorganismos, un grave problema de deterioro que sufre en gran medida la piedra de Cumiana de los peldaños.

Las grapas de cosido metálicas que se encuentran tanto de peldaños como de elementos del pasamanos deberán ser tratadas con productos antióxido, de carácter neutro para evitar dañar los pétreos. Se deberá realizar este tratamiento antes de aplicar la capa de acabado protectoro.



### Ventilación

Para garantizar su ventilación, en la intervención de 2000/2001, cuando fueron creadas dichas estancias, ya se procedió a la



creación de perforaciones en el muro basamental, como se puede ver en la fotografía de la derecha. No obstante, gracias a los registros de temperatura y humedad realizados en el mes de abril, se ha podido comprobar que se alcanza en ocasiones el 95% de humedad.

Esto en parte se debe a la humedad por infiltración y a la humedad por ascensión capilar, ambas presentes en las estancias bajo la escalera y que se intentan eliminar con la presente propuesta. Será necesario proceder a la limpieza de los orificios de ventilación, ya que se ha notado la presencia de vegetación y de telarañas y otros restos animales.

En el caso de que la humedad relativa tras la intervención supere el 65 % se deberán definir nuevos sistemas de ventilación que mantengan el nivel por debajo.

### **Recorrido de evacuación de incendios**

La evacuación de emergencia, dentro de las medidas de protección pasiva, es la más importante para salvaguardar la vida humana en los lugares de trabajo y de acumulación de personas.

La adecuación del Castillo conforme a las nuevas normas de seguridad contra incendios<sup>7</sup> ya ha sido realizada en intervenciones anteriores pero como se ha citado anteriormente, no son efectivas debido a su bloqueo. Será pues necesario eliminar cualquier tipo de cierre como candados o cadenas, para poder permitir la evacuación de personas.

En el caso de las dos puertas que confluyen en los descansillos intermedios de las dos rampas de escalera bastará con eliminar el candado y el pestillo de la puerta para atribuirle de nuevo la posibilidad de ser abierta desde el interior mediante empuje del mecanismo de apertura.

Las nuevas puertas de la sala de las Columnas no tienen ningún bloqueo hacia el exterior, pero después de éstas, se encuentran dos rejas cuyo sistema de cierre es una cadena con candado. Debido a que las puertas de emergencia se abren sólo de dentro hacia afuera, aunque se dejaran las rejas sin cadenas, el acceso a la Sala de las Columnas no sería posible desde el exterior. Por lo que la solución más simple será quitarlas.

Otra posible solución sería disponer en las rejas un sistema de apertura sólo desde el interior, que conllevaría sin embargo a la necesidad de bloquear el acceso a la manivela o sistema de apertura desde el exterior. Sistema bastante antiestético y que no tiene demasiada razón de ser ya que las puertas se abren sólo desde el interior.

---

<sup>7</sup> Normativa italiana relativa a seguridad en caso de incendio, incluida en Ley 81/08 - Texto Único seguridad en el trabajo ex 626/94 y D.M. del 26 agosto de 1992 sobre las normas de prevención contra incendios para edificios a uso educativo.





## 15. MANTENIMIENTO



## 15. MANTENIMIENTO

*En este capítulo no se pretende realizar un Plan de Mantenimiento, si no dar las pautas necesarias para el mantenimiento de la escalinata que puedan ser incluidas sucesivamente en el Plan de Mantenimiento General del Castillo del Valentino. La escalinata no ha sido incluida nunca en dicho Plan y por ello se ha estimado oportuno incluir este capítulo.*

### 15.1. INTRODUCCIÓN Y NORMATIVA

El mantenimiento está definido en el Decreto del Presidente de la Republica del 6 Junio de 2001, n. 380: *Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*, define los trabajos de mantenimiento, y dicha definición ha sido ya mencionada en el capítulo de la propuesta de intervención.

La nueva normativa sobre Obras Públicas del Estado Italiano, determina en el Artículo 33 del D.P.R. 207/2010, que es obligatorio incluir en el proyecto de ejecución el Plan de Mantenimiento.

En el art. 38, del mismo documento se afirma, entre otras cosas, que el plan de mantenimiento debe ser redactado teniendo en cuenta los trabajos efectivamente realizados, considerando las variantes en curso de trabajo, con la intención de garantizar el mantenimiento en el tiempo de las características de calidad y eficiencia. Con el fin de que dichas características puedan ser estimadas y grantizadas, la normativa requiere que se identifiquen los requisitos y prestaciones del edificio en el proceso de proyectación.

El Plan de Mantenimiento debe estar constituido de los tres siguientes documentos operativos: a) manual de uso; b) manual de mantenimiento; c) programa de mantenimiento.

El manual de uso, se dirige, en un lenguaje menos técnico, al usuario final del edificio. Tiene la intención de evitar daños detivantes de un uso impropio y dar a conocer al usuario las operaciones necesarias para la conservación que no requieran de conocimiento especializado.

El manual de mantenimiento debe fornir en relación a las diversas unidades tecnológicas<sup>1</sup> a las características de los materiales o de los componenetes interesados, las indicaciones necesarias para su correcto mantenimiento<sup>2</sup>. Las unidades técnicas de inspección quedan definidas por la normativa UNI relativa al mantenimiento de edificios.

El programa de mantenimiento se debe articular en los siguientes puntos: a) subprograma de prestaciones; b) subprograma de control; c) subprograma de intervenciones.

El proyectista tendrá la obligación de identificar, para cada unidad de obra y para cada componente que la integra, los requisitos y las prestaciones mínimas exigidas.

---

<sup>1</sup> Unidades técnicas de inspección

<sup>2</sup> art. 38 c. 5, D.P.R. 207/2010

## 15.2. MANTENIMIENTO ORDINARIO

El presente estudio y propuesta ha proporcionado recomendaciones sobre el procedimiento de intervención a llevar a cabo. No obstante, al no tratarse de un proyecto ejecutivo, el cual deberá ser redactado cuando se determine la realización efectiva de la intervención, sólo puede aportar pautas sobre los materiales y sistemas a disponer.

Debido a ésto se ha descartado la redacción de un plan de mantenimiento completo sobre esta propuesta, ya que dicho documento deberá ser redactado obligatoriamente junto con el proyecto ejecutivo en base a las disposiciones en él contempladas y de acuerdo con los materiales reales puestos en obra.

En éste apartado se ha realizado una tabla con la clasificación de los elementos, según las unidades técnicas contempladas en la normativa UNI y sucesivamente otra tabla con la frecuencia de mantenimiento o comprobación de los distintos elementos según el Código Técnico de la Edificación.

Clase de unidad técnica	Unidades técnicas	Clases de elementos	Elementos en obra
Estructura portante	Estructura de cimentación	Cimentación directa	Cordón de cimentación corrido bajo muro portante
			Losas de cimentación realizadas bajo ambas rampas en 2000/2001.
	Estructura en elevación	Estructuras en elevación verticales	Muros portantes <sup>3</sup>
			Pilares de nueva construcción
		Estructuras horizontales e inclinadas	Losas de escalera. Rampa sur
			Vigas de apoyo losa rampa sur
Cerramientos	Cerramientos horizontales	Paredes perimetrales verticales*	*La función de cerramiento la desarrollan los muros portantes
			Elementos singulares
	Acabados	Revestimientos continuos	Revoque
			Pinturas
		Fachadas heterogéneas	Elementos de ladrillo
		Mortero	

<sup>3</sup> Los muros de ladrillo macizo de nueva construcción han adquirido cierta entidad portante al descargar en ellos parte del peso del forjado sobre estos.



Operación	Periodicidad
Comprobación y limpieza de la obstrucción de las aberturas directas de ventilación con el exterior.	1 año
Comprobación y limpieza de la red del drenaje del muro a través de sus arquetas.	1 año
Comprobación y limpieza de los sumideros longitudinales de recogida de las aguas de las rampas.	1 año*
Comprobación y limpieza de las arquetas.	1 año*
Comprobación del estado de conservación del revestimiento: posible aparición de fisuras, desprendimientos, humedades o manchas.	5 años
Comprobación del estado de conservación de los puntos singulares:	3 años
Encuentros entre fachada y peldaños	
Encuentros entre barandilla y peldaños	
Encuentros entre peldaño y peldaño	
Encuentros entre impermeabilización y sumideros	3 años
Comprobación de la existencia de grietas o fisuras en la fachada	

(\*) Se deberá comprobar tras períodos de mucha lluvia.

Tabla realizada en referencia a la tabla 6.1. del CTE.





## **16. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES CRÍTICAS**



## 16. CONCLUSIONES SOBRE EL ESTUDIO Y CONSIDERACIONES CRÍTICAS

En primer lugar, considero que la realización de éste estudio me ha permitido desarrollar un análisis completo de un elemento singular como es la escalinata monumental, en un contexto inigualable como el Castillo del Valentino. También me ha permitido conocer procedimientos y métodos de diagnóstico de patologías nuevas para mí, como es el caso de la termografía o la termobalanza electrónica.

Cualquier procedimiento diagnóstico que implique toma de muestras requiere una inmediata solicitud al Area EDILOG, dónde se especifique el tipo de prueba a realizar y los puntos exactos de toma de muestras. El Area, podrá valorar si es necesario comunicar y solicitar autorización de dicha prueba a la Superintendencia para los bienes Culturales del Piamonte.

Debido a la complejidad del procedimiento de solicitud de autorizaciones para la realización de pruebas diagnósticas, no ha sido posible realizar todas las necesarias o algunas de las realizadas se han debido hacer con instrumentos bastante rudimentarios.

La falta de realización de algunas pruebas diagnósticas, como pueden ser la comprobación del estado de las cimentaciones a través de métodos superficiales como el radar, ha impedido definir una solución concreta en determinados apartados de la propuesta de intervención. Dichos apartados han sido explicados con el mayor detalle posible basándose en conjeturas y posibles intervenciones a realizar en función de los futuros datos obtenidos en pruebas diagnósticas o en inspecciones.

Por otro lado, la limitación en los equipos o las reticencias del Area EDILOG u otros departamentos para prestarlos me ha hecho agudizar el ingenio en algunas ocasiones, debiendo recurrir a métodos de comprobación más rudimentarios de lo deseado, pero que se han demostrado válidos.

La aplicación del análisis termográfico en los planes de mantenimiento de los edificios no es una práctica muy habitual, pero yo la considero conveniente, ya que aunque conlleve un gasto económico importante derivado del uso de los equipos y del personal altamente cualificado, puede derivar a su vez en un ahorro. El beneficio principal deriva del hecho que el método termográfico permite detectar fenómenos de degradación antes de que aparezcan sobre la superficie y por lo tanto permiten intervenir en los edificios de manera preventiva, impidiendo así la transformación de las afecciones en problemas de mayor entidad. Por lo tanto, el análisis termográfico, tiene una intención preventiva.

En mi opinión la colaboración entre los distintos departamentos que integran el Politecnico di Torino, puede confluir en el éxito de la intervención. El Area EDILOG, encargada de los trabajos de mantenimiento y conservación del Castillo del Valentino, podría colaborar con otros departamentos para realizar un diagnóstico más mirado de los problemas que lleve a

elaborar un proyecto adecuado y pensado específicamente para el elemento que se va a rehabilitar. Las relaciones entre técnicos y docentes son a menudo bastante ásperas, pero si realmente quieren realizar buenos proyectos conservativos, duraderos en el tiempo, será necesario que exista ese diálogo recíproco.

Durante el desarrollo de las prácticas he podido comprobar en primera persona la falta de entendimiento entre docentes y técnicos antes citada y la reticencia del Area EDILOG a facilitar datos sobre las intervenciones realizadas, que en éste caso, me ha puesto el trabajo un poco más difícil.

Tengo la impresión de que en algunas de las intervenciones pasadas se ha procedido a cubrir los problemas, rehaciendo el revoque y la pintura sin proceder a la eliminación de los agentes degradantes, incluso colocando capas de revoque por encima de la pintura vieja, por lo que en un breve período de tiempo, las patologías han vuelto a salir a la luz.

Es importante que exista un entendimiento entre las distintas partes que intervienen en la rehabilitación. Es necesario que pensar en el bien del edificio teniendo en cuenta las limitaciones económicas pero evitando que la elección de una mala solución técnica por economía conlleve problemas mayores.

Otro aspecto muy importante en el momento de la ejecución es la formación del trabajador y su buen hacer, ya que éste también puede determinar el buen funcionamiento del material. De nada sirve adquirir el material más adecuado si el trabajador que debe encargarse de su puesta en obra desconoce los procedimientos de puesta en obra.

Para los trabajos de rehabilitación en obras públicas, de categoría OG2 (Rehabilitación y mantenimiento de bienes inmuebles sujetos a la tutela de bienes culturales y ambientales) en Italia existe una certificación que deben poseer todos los aplicadores, la SOA, que garantiza que el aplicador ha recibido la formación necesaria relativa a la puesta en obra de los materiales empleados en rehabilitación de este tipo.

Ambas rampas de la escalinata no han podido ser estudiadas del mismo modo en lo que respecta a la fase de diagnóstica, ya que cada una tenía sus propias limitaciones individuales.

No obstante las limitaciones encontradas en una parte, no se encontraban en la otra, habiendo permitido compensar el diagnóstico. Por ejemplo, la termografía se ha centrado mayoritariamente en la fachada basamental de la parte derecha (norte) y la prueba con la termobalana sólo se ha podido realizar bajo la rampa sur. Por lo que se ha conseguido dar un diagnóstico de ambas zonas.



## **17. BIBLIOGRAFÍA, NORMATIVA DE REFERENCIA Y SITIOS WEB**





## 17. BIBLIOGRAFIA, WEBS Y NORMATIVA DE REFERENCIA

A continuación se enumeran los documentos consultados para la realización de este proyecto.

### LIBROS

AUTORI VARI, *Il Castello del Valentino*, Società Editrice Torinese, 1949, Torino.

BELTRAMI Luca, *Il Reale Castello del Valentino inalzato dalla Duchessa Maria Cristina di Savoia*, Torino, 1888.

BLAT LLORENS Jose Vicente; *Construcción*; Librería Politécnica, 2007, Valencia

BRANDI Cesare, *Teoria del Restauro*, Piccola Biblioteca Einaudi, 1977, Torino.

BROTO Carles, *Enciclopedia Brotó de Patologies de la Construcció*.

BRUSCHI Arnaldo, *Indicazioni metodologiche per lo studio storico dell'architettura*, Carucci, 1978, Assisi-Roma. (pag 13 – 29) Lineamenti di storia dell'architettura

CARBONARA Giovanni, *Restauro dei Monumenti: Guida agli elaborati grafici*, Liguori Editore, 1990, Napoli.

CICERCHIA Pietro, *Restauro dei Monumenti: Guida alle norme di tutela e alle procedure d'intervento*, Liguori Editore, 1992, Napoli.

COGNASSO Francesco; *Storia di Torino*, Giunti Gruppo Editoriale, 2002, Firenze.

COSCOLLANO RODRÍGUEZ José; *Tratamiento de las Humedades en los Edificios*, 2000, Paraninfo Thomson Learning.

DAVEY Norman; *Storia del materiale da costruzione*, Casa Editrice Il Saggiatore, 1965, Milano.

DE ANGELIS D'OSSAT Guglielmo, *Guida allo studio metodico dei monumenti e delle loro cause di deterioramento*, Iccrom, 1972, Roma.

DI NAPOLI Gennaro, MERCALLI Lucca, *Il clima di Torino*, Società Meteorologica Subalpina, 2008, Torino.

ESBERT Rosa María y otros autores; *Manual de diagnòsos y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos*, Manuals de Diagnosi del Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, 1997, Barcelona.

GIRIODI Sisto, MAMINO Lorenzo, *Castello del Valentino; Facoltà di Architettura, progetti a confronto*, CELID, 1988, Torino

JIMÉNEZ LÓPEZ Luis; *Humedades en la construcción; Monografías de la construcción, EdicionesCEAC*, 2003, Barcelona.

LACIRIGNOLA Angela, MARITANO COMOGLIO Nuccia; *Controllo della qualità in edilizia. Esiti del workshop "Collaudare il Costruito"*, ARACNE, 2010, Roma.

LATINA Corrado; *Muratura portante in laterizio*, Laterservice, 1994, Roma.

MARINO Luigi, *Il progetto di restauro, ricerche e studi preliminari*, Alinea, 1981, Firenze.

MENCUCCINI Corrado, SILVESTRINI Vittorio, *Fisica II (Elettromagnetismo e Ottica)*, 3a ed., Liguori Editore, 1998.

MENICALI Umberto; *I materiali dell'edilizia storica*, Nuova Italia scientifica, 1992, Roma.

MILANI Giovanni Battista; *L'ossatura murale*, Società Italiana di Edizioni Artistiche C. Crudo & C., 1920, Torino.

MONJÓ CARRIÓ Juan, *Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos*, Editorial Munilla-Lería, 1994, Madrid

MORENO GARCÍA Francisco; *Arcos y bóvedas; Monografías de la construcción, EdicionesCEAC*, 2004, Barcelona.

MUÑOZ HIDALGO Manuel; *Conceptos y patología en la edificación*; Autoeditado, 1988, Sevilla.

ORTEGA ANDRADE Francisco, *Humedades en la edificación*, Editansa. Sevilla, 1989.

POLLA Ermanno, *Osservazione ricerca restauro*, Kappa, 1985, Roma.

RAMÍREZ BLANCO Manuel Jesús, *Técnicas de intervención en el patrimonio arquitectónico*, Editorial de la UPV, 2007, Valencia.

ROGGERO BARDELLI Costanza, BARRERA Francesco, DEFABIANI Vittorio, GROSSO Mario, MAGNAGHI Agostino, RE Luciano, SISTRI Augusto, VINARDI Maria Grazia, *Il Valentino: Sintesi storica e metodologia per il progetto*, CELID, 1986, Torino.

ROGGERO BARDELLI Costanza, SCOTTI Aurora, *Il Castello del Valentino "the Valentino Castle"*, Politecnico di Torino – Edizioni L'Arciere, 1994.

STEFANI Guglielmo, *Dizionario Generale Geografico-Statistico degli Stati Sardi*, Cugini Pomba e Comp. Editori, 1855, Torino.

VOLPIANO Mauro (autori vari), *Le residenze Sabaude come cantieri di conoscenza; Ricerca storica, materiali e tecniche costruttive. Progetto Mestieri Reali*. Fondazione CRT, 2005, Torino.

#### *PUBLICACIONES Y REVISTAS*

Piano provinciale delle attività estrattive della Provincia di Torino. Linee Guida, 2006, Torino

Le acque sotterranee della pianura di Torino. Carta della base dell'acquifero superficiale. Note illustrative. Regione Piemonte 2009

Risorse idriche sotterranee nell'area interessata dal Termovalorizzatore TRM. ARPA Piemonte. Novembre 2006.

Piano territoriale Operativo del Po. Regione Piemonte.

Pluviometria della Provincia di Torino. Centro Regionale per la Tutela della Biodiversità degli Ambienti Acquatici. Avigliana, Torino 2008

#### *DOCUMENTOS DE ARCHIVO*

Archivio Storico Comunale di Torino, Cat. 45, mazzo 1, n.4: Case e beni.

Archivio di Stato di Torino, Sezione Camerale, Contratti: Registro numero 13, Anno 1565 in 77, carta 5 e seguenti.

Archivio di Stato di Torino, Sezione Camerale, Palazzi Reali (inv. 203), mazzo 4, Torino, Valentino. "Memoria per il Valentino", "Lettere Scritture e Conti concernenti il Bucentoro, e Gondola fatti costrurre da S.M. in Venezia nel 1731 e già esistenti al Reale Castello del Valentino"

Archivio di Stato di Torino, Sezioni Riunite, Catasti, Catasto francese, foglio XIII

Archivio di Stato di Torino, Sezioni Riunite, Catasti, Catasto Rabbini, foglio XXVI

Archivio di Stato di Torino, Materie Giuridiche, Materie Giuridiche per categorie, Camera dei Conti del Piemonte, Mazzi 1-5.

## PÁGINAS WEB

Movimento Cooperazione Educativa (Gruppo Territoriale di Torino)

<http://www.mcetorino.altervista.org/>

Archivio Storico di Torino

<http://www.comune.torino.it/archivistorico/index.htm>

Archivio di Stato di Torino

<http://archiviodistatorino.beniculturali.it/Site/index.php>

GEOPORTALE.

<http://www.comune.torino.it/visualizzatore/>

Información sobre el Piano Regolatore Generale di Torino, areas protegidas, etc.

<http://www.comune.torino.it/geoportale/prg/cms/>

ARPA Piemonte:

<http://www.arpa.piemonte.it/>

Hidrogeología del Piamonte, pluviometría, nivel freático, etc.

Repertorio Cartográfico temático

<http://www.regione.piemonte.it/repcarj/welcome.do>

## NORMATIVA DE REFERENCIA

### Normas UNI

**UNI 8289:1981** Edilizia. Esigenze dell'utenza finale.

**UNI 8290-1:1981** Edilizia residenziale. Sistema Tecnologico.

**UNI 8290-2:1983** Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi dei requisiti.

**UNI EN ISO 9712:2012:** Prove non distruttive - Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive

**UNI 10824-1:2000** Prove non distruttive - Termografia all'infrarosso - Termini e definizioni.

**UNI 10924:2001** Beni culturali – Malte per elementi costruttivi e decorativi – Classificazione e terminologia

**UNI 10945:2001** Beni culturali - Caratterizzazione degli strati pittorici - Generalità sulle tecniche analitiche impiegate.

**UNI 11084:2003** Beni culturali - Materiali ceramici - Caratterizzazione

**EC 1-2009 UNI 11089:2003** Beni culturali - Malte storiche e da restauro - Stima della composizione di alcune tipologie di malte

**EC 1-2011 UNI 11189:2006** Beni culturali - Malte storiche e da restauro - Metodi di prova per la caratterizzazione chimica di una malta - Analisi chimica

**UNI EN 16085:2012** Conservazione dei beni culturali - Metodologia per il campionamento dei materiali costituenti i beni culturali - Regole generali

**UNI EN 16095:2012** Conservazione dei beni culturali - Descrizione dello stato di conservazione per i beni culturali mobili

**UNI 11121:2004** Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Determinazione in campo del contenuto di acqua con il metodo al carburo di calcio.

**UNI 11182:2006** Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Descrizione della forma di alterazione - Termini e definizioni

#### Normas y Directivas Europeas

**EN 1504-9:** Products and systems for the protection and repair of concrete structures - Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity - Part 9: General principles for the use of products and systems.

**DIRECTIVA 2008/50/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo del 21 de mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.

#### Normas regionales

Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, successive modifiche e integrazioni, "*Codice dei beni culturali e del paesaggio.*"

L. 01/06/1939 N. 1089. Legge 1 giugno 1939-XVII, n. 1089 (in Gazz. Uff., 8 agosto, n. 184). - "*Tutela delle cose d'interesse artistico o storico.*"

#### Normas nacionales

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 6 giugno 2001, n. 380 (GU n. 245 Suppl.Ord. del 20/10/2001). "*Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.*" (Testo comprensivo delle rettifiche pubblicate sulle g.u. n. 262 del 10 novembre 2001 e n. 264 del 13 novembre 2001)

DECRETO MINISTERIALE 20 de Noviembre de 1987 Normas técnicas para la proyectación, prueba y consolidación de los edificios con muros estructurales.

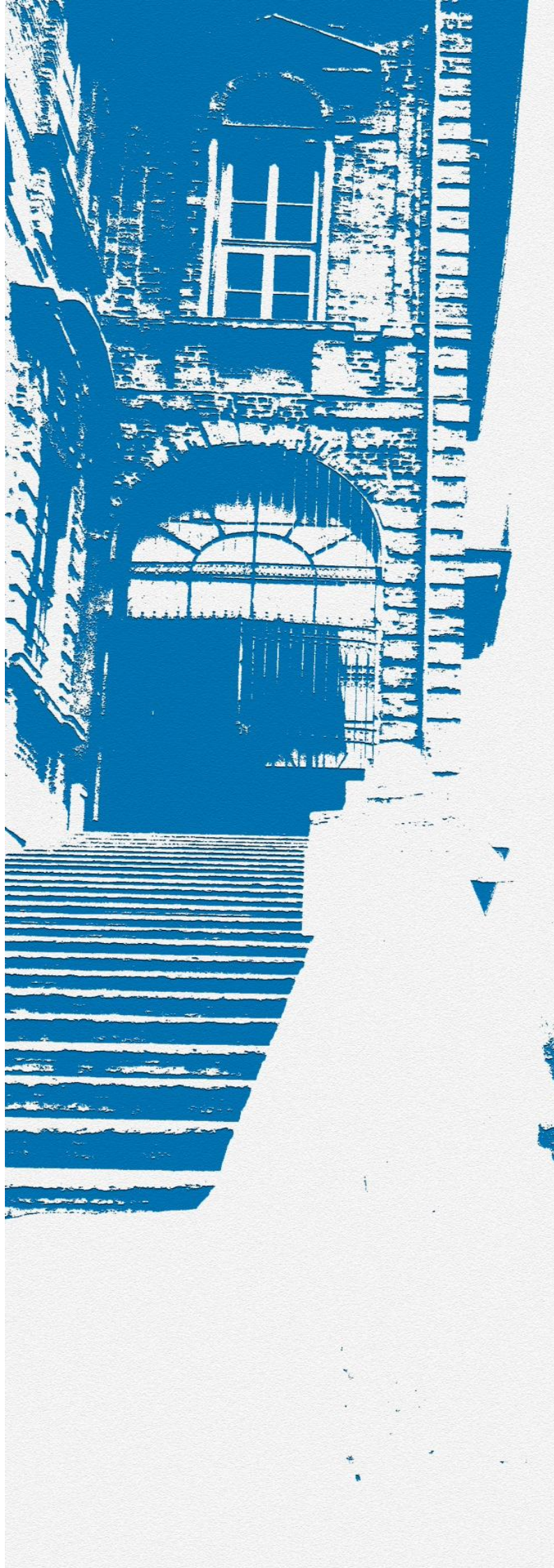
Otra normativa consultada

Código Técnico de la Edificación de España

NTC. *Le norme tecniche per le costruzioni*. Definidas en el decreto Ministerial del 14 de enero de 2008, en vigor desde el 30 de junio de 2009.







## 18. AGRADECIMIENTOS



## 18. AGRADECIMIENTOS

Dedico este proyecto:

A Federico, porque sin tu apoyo no lo habría conseguido, porque has creído en mí cuando ni siquiera yo lo hacía.

A mi madre por darme siempre su opinión más sincera y su apoyo incondicional. Y a mi familia, por estar siempre tan cerca en todo momento a pesar de la distancia.

A M<sup>ª</sup>Teresa, Ariadna, Nuria, Violeta, Cristina, Miguel, Federica, Alex, Diana, Adrián y todos aquellos compañeros y amigos que me han echado una mano, ya sea desde el punto de vista técnico que desde el emocional.

Doy las gracias:

A la Dr. Arq. Elisabetta Genna, a la Arq. Cristina Soldati, al Ing. Maurizio Gomez Serito y a la Dr. Ing. Alessandra Formia.

A los trabajadores del Departamento EDILOG del Politecnico di Torino que me han ayudado durante el desarrollo del proyecto y de las prácticas, en particular al Arq. Alessandro Bianco, a Sergio Secci, al Arq. Gianpiero Biscant y al Ing. Massimiliano Lo Turco.

A la Arq. Monica Volinia y a Mario Girotto, del Laboratorio de Restauración del Politecnico di Torino por la dedicación demostrada en la realización del análisis termográfico y por su paciencia conmigo durante la elaboración del mismo.

A Luis M. Palmero Iglesias, Javier Calvo Díaz y Relaciones Internacionales, por tener tanta paciencia a pesar de mi insistencia e impaciencia.

Por último, pero no por orden de importancia, quiero mostrar un profundo agradecimiento a los tutores italianos Marco Zerbinatti y Carlo Caldera y al tutor español Juan B. Aznar Mollá, todos ellos personas de indudable profesionalidad que se han mostrado siempre disponibles a ayudarme durante el desarrollo del proyecto.

