

# Estudio de la absorción de agua y del coeficiente de agua en dos monumentos en espacio público de Bogotá

Helen Jacobsen

Mayo de 2017

## Introducción

De acuerdo con la solicitud realizada por Fernando Cortes a través de la restauradora de bienes muebles María Alejandra Malagón a la Corporación Proyecto Patrimonio, y para poder comprender el comportamiento frente a la humedad de los bienes en espacio público: Fuente del Niño abrazando un ave y la Fuente del Sesquicentenario, se realizaron in situ pruebas con el tubo de Karsten. Dichas pruebas permiten determinar la absorción de humedad in situ de superficies pétreas y por tanto comprender cómo la humedad viaja en el material.

Las mediciones fueron realizadas por la restauradora de piedra Helen Jacobsen y Camilo Betancur, el análisis fue realizado por dicha restauradora. A continuación se presenta la metodología empleada durante el estudio

## Metodología:

En la Fuente Niño abrazando un ave se llevaron a cabo 3 mediciones y en la Fuente del Sesquicentenario, dos mediciones sobre zonas de la superficie pétreas que se encontraban secas.

Se limpió la superficie a estudiar con la esponja wishab en seco, retirando la suciedad acumulada en la superficie. Luego se fijó el tubo de Karsten sobre la superficie con una plastilina de color blanco.

Se emplearon dos tubos de Karsten, para medición en sentido vertical y en sentido horizontal. El diámetro de los tubos de Karsten es de 25 mm. La escala en los dos tubos es de 0,1 ml.

Debido a la muy baja absorción de agua registrada en todos los puntos estudiados, no fue necesario llenar el tubo más de una vez. Para todas las pruebas de usó agua destilada.

A partir de las mediciones se calculó el coeficiente de absorción. Para evaluar el coeficiente de la absorción de agua  $w$  [ $l/m^2h^{0.5}$ ] se usó el software “Evaluación de los datos de la absorción de agua con el tubo de Karsten” (*Optimierung der Messung des Wassereindring- und Wasseraufnahmekoeffizienten mit Hilfe des Karsten’schen Prüfröhrchens*) de E. Wendler.

Dicho software permite tratar los resultados y obtener su debida representación gráfica presentándolos en la tabla a continuación

**Evaluación de los datos  
de la absorción de agua con el tubo Karsten  
según WENDLER  
(VERSION 3.2)**

**Informaciones del punto de la medición:**

Nombre de prueba:  
Fecha de medición:  
Objeto:  
Tipo de piedra:  
Más informaciones:

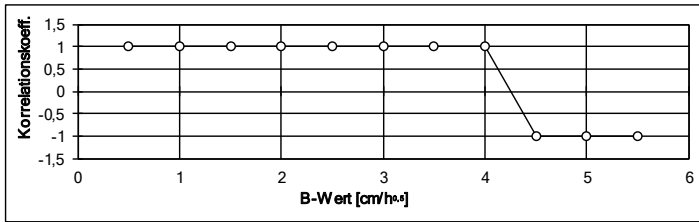
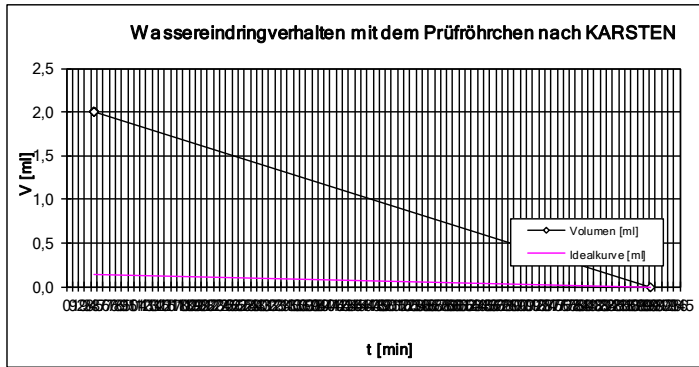
**Datos recogidos y evaluación:**

Diámetro del tubo [cm]:	2,50
Área de absorción (cm <sup>2</sup> ):	4,91

*Para evaluar el coeficiente B*

límite inferior [cm/h <sup>0,5</sup> ]:	0,50
límite superior [cm/h <sup>0,5</sup> ]:	1,00
distancia:	0,50

Número de medición	Tiempo [min.sec]	Volumen [ml]	más informac.
1	15,00	1,00	
2	43,00	2,00	



**Evaluación de los datos**

Coefficiente w, optimizado: 0,03 [l/(m<sup>2</sup>\*h<sup>0,5</sup>)]  
 Coeficiente B: 4,00 [cm/h<sup>0,5</sup>]  
 capacidad de absorción de agua: 0,08 [%]

A continuación se presentan los resultados de este estudio.

## 1. La Fuente del niño abrazando un ave, monumento ubicado en el Parque Nacional

Sobre este monumento se realizaron tres mediciones de la absorción de agua, a continuación se presenta su ubicación:



Foto 1 y 2: Localización de mediciones de absorción de humedad in situ en la Fuente del Niño abrazando el ave.

### 1.1 Descripción y localización del punto de medición 1:

La medición 1 se llevó a cabo dentro de la taza de la fuente.

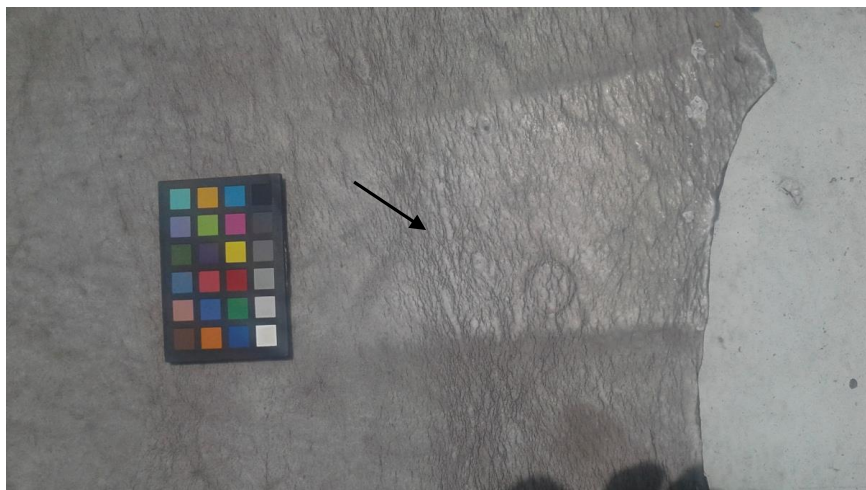


Foto 3 y 4: Se observa la zona de la taza de la fuente donde se ejecutó la medición 1. La flecha indica la ubicación de la medición.

El área estudiada presentaba una superficie muy rugosa (estudio táctil empleando la mano) y se observaban una gran cantidad de microfisuras (estudio visual a simple vista). Con su rugosidad y las microfisuras el punto de medición 1 es representativo para gran parte de la taza de la fuente. Mientras que la rugosidad se presenta en toda la taza de la fuente, cabe decir que no en el total del área de la taza se observan las microfisuras.



Foto 5: En la foto se observa la ejecución del estudio de la absorción de agua en el punto 1.



Foto 6: Se observa el diámetro de mojado que se formó durante el estudio en el punto de medición 1. Este informa sobre el transporte del agua dentro de la estructura pétre.

## 1.2 Resultados de la medición 1:

Número de medición	Agua absorbido	Tiempo
1	1 ml	15 min
2	2 ml	43 min

Tabla 1: Resultados del estudio de la absorción de agua en el punto 1.

El coeficiente de absorción de agua: **0,03 l/m<sup>2</sup>\*h<sup>0,5</sup>** ( ver tabla a continuación)

**Auswertung der Daten aus Messungen zum Wassereindring- und Wasseraufnahmeverhalten von Baustoffen mit dem KARSTEN'schen Prüfröhrchen nach WENDLER (VERSION 3.2)**

**Allgemeine Angaben zum Beprobungspunkt:**

**Probenbezeichnung:** punti de medición 1  
**Datum der Messung:** 05.04.2017  
**Objekt:** taza de la fuente, parque nacional  
**Gestein:** mármol  
**Besonderheiten:** superficie rugosa y con microfisuras

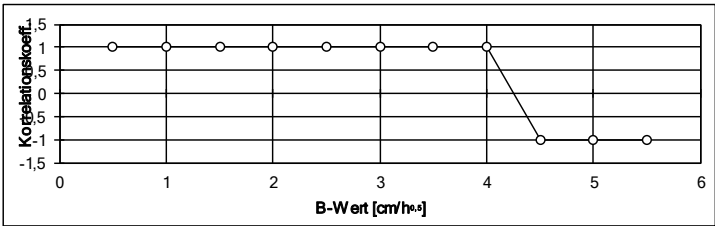
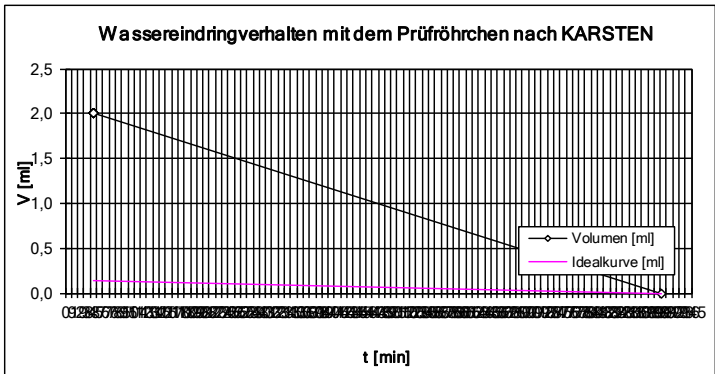
**Meßdaten und Auswertung:**

Innendurchmesser d. Röhrchens:	2,50
Saugfläche (cm <sup>2</sup> ):	4,91

**Abschätzung des B-Wertes**

Untere Grenze [cm/h <sup>0,5</sup> ]:	0,50
Obere Grenze [cm/h <sup>0,5</sup> ]:	1,00
Schrittweite:	0,50

Nr. der Ablesung	Eindringzeit [min, sec]	Volumen [ml]	Notizen
1	15,00	1,00	
2	43,00	2,00	



**Auswertungsergebnisse**

**Optimierter w-Wert:** 0,03 [l/(m<sup>2</sup>\*h<sup>0,5</sup>)]  
**Zugehöriger B-Wert:** 4,00 [cm/h<sup>0,5</sup>]  
**WAK:** 0,08 [%]

El coeficiente de absorción de agua encontrado en el punto de medición 1 es muy bajo. La piedra casi no absorbe agua. Eso indica que, aunque se observa una mayor cantidad de microfisuras, la estructura de la piedra sigue intacta y no hay mayor porosidad que permita la entrada de agua. El resultado indica también que la rugosidad observada, se da a partir de la disolución superficial de los cristales (calcita) pero no tiene un efecto hacia el interior de la piedra.

**1.3 Descripción y localización del punto de medición 2:**

La medición 2 se llevó a cabo en el ala izquierda del ave. El área estudiada presentaba una superficie rugosa (estudio táctil empleando la mano), indicando la disolución superficial de los cristales que conforman la piedra (calcita).

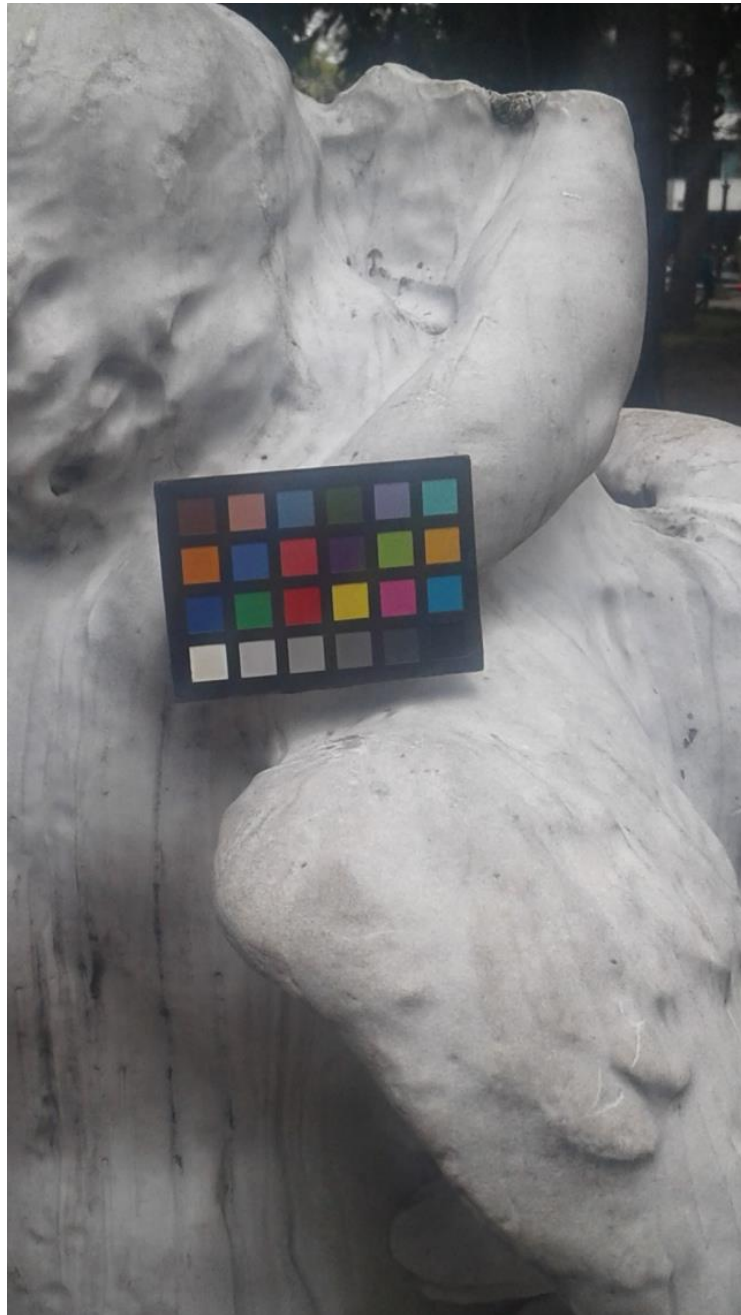


Foto 7: La foto muestra el área donde se llevó a cabo la medición 2.



Foto 8: En la foto se observa la medición 2 en curso.



Foto 9: La foto presenta el punto de medición 2 después del estudio. Se observa el horizonte de humedad que se formó durante la medición.



### 1.4 Resultados de la medición 2:

Número de medición	Agua absorbido	Tiempo
1	1 ml	20 min
2		No se evidenció absorción adicional luego del primer registro, tampoco a los 41 minutos, y se dio por terminada la medición a los 60 minutos, sin ningún cambio.

Tabla 2: Resultados del estudio de la absorción de agua en el punto 2.

El coeficiente de absorción de agua: **aproximadamente 0,00 l/m<sup>2</sup>\*h<sup>0,5</sup>** (ver tabla a continuación)

**Auswertung der Daten aus Messungen zum Wassereindring- und Wasseraufnahmeverhalten von Baustoffen mit dem KARSTEN'schen Prüfröhrchen nach WENDLER (VERSION 3.2)**

**Allgemeine Angaben zum Beprobungspunkt:**

<b>Probenbezeichnung:</b>	punto de medición 2
<b>Datum der Messung:</b>	05.04.2017
<b>Objekt:</b>	escultura, el ala izquierdo
<b>Gestein:</b>	mármol
<b>Besonderheiten:</b>	superficie rugosa

**Meßdaten und Auswertung:**

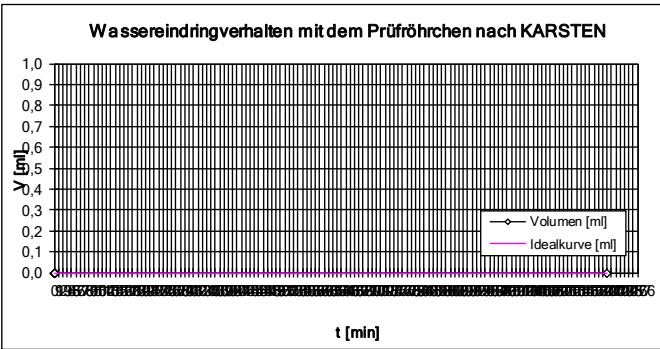
Innendurchmesser d. Röhrchens:	2,50
Saugfläche (cm²):	4,91

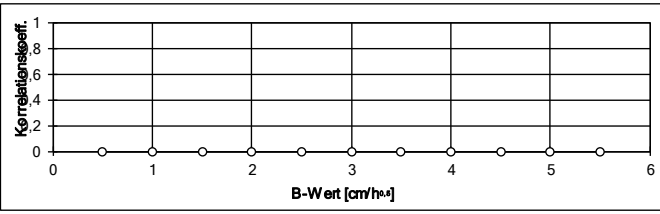
*Abschätzung des B-Wertes*

Untere Grenze [cm/h <sup>0,5</sup> ]:	0,50
Obere Grenze [cm/h <sup>0,5</sup> ]:	1,00
Schrittweite:	0,50

Nr. der Ablesung	Eindringzeit [min, sec]	Volumen [ml]	Notizen
1	20,00	1,00	

**Wassereindringverhalten mit dem Prüfröhrchen nach KARSTEN**





**Auswertungsergebnisse**

Optimierter w-Wert: #DIV/0! [l/(m <sup>2</sup> *h <sup>0,5</sup> )]
Zugehöriger B-Wert: #DIV/0! [cm/h <sup>0,5</sup> ]
WAK: #DIV/0! [%]

La absorción de agua que se presentó en la medición 2 era tan baja, que no fue posible calcular un coeficiente de agua, por lo que se infiere que el valor es cercano a cero (0). El resultado indica que, aunque se observa una superficie rugosa y alterada, la estructura de la piedra sigue intacta y no hay porosidad que permita la entrada de agua. La rugosidad observada, se da a partir de la disolución superficial de los cristales (calcita) pero no tiene un efecto hacia el interior de la piedra.

### 1.5 Descripción y localización del punto de medición 3:

La medición 3 se llevó a cabo en la parte posterior baja de la escultura. La superficie del área estudiada se presentaba muy lisa (estudio táctil empleando la mano). La superficie muy lisa en el punto 2 es representativa para gran parte de la escultura que parece haber sido tratada con algún ácido.



Foto 10: La foto muestra la zona donde se llevó a cabo la medición 3



Foto 11: La foto presenta la ejecución del estudio de la absorción de agua en el punto 3.

### 1.6 Resultados de la medición 3:

Número de medición	Agua absorbido	Tiempo
1	0,5 ml	47 min
2		No se evidenció absorción adicional luego del primer registro, tampoco a los 55 minutos, y se dio por terminada la medición a los 60 minutos, sin ningún cambio.

Tabla 3: Resultados del estudio de la absorción de agua en el punto 3.

El coeficiente de absorción de agua **aproximadamente 0,00 l/m<sup>2</sup>h<sup>0,5</sup>** (ver tabla a continuación)

**Auswertung der Daten aus Messungen zum Wassereindring- und Wasseraufnahmeverhalten von Baustoffen mit dem KARSTEN'schen Prüfröhrchen nach WENDLER (VERSION 3.2)**

**Allgemeine Angaben zum Beprobungspunkt:**

<b>Probenbezeichnung:</b>	punto de medición 3
<b>Datum der Messung:</b>	05.04.2017
<b>Objekt:</b>	parte trasera de la escultura
<b>Gestein:</b>	mármol
<b>Besonderheiten:</b>	superficie muy lisa

**Meßdaten und Auswertung:**

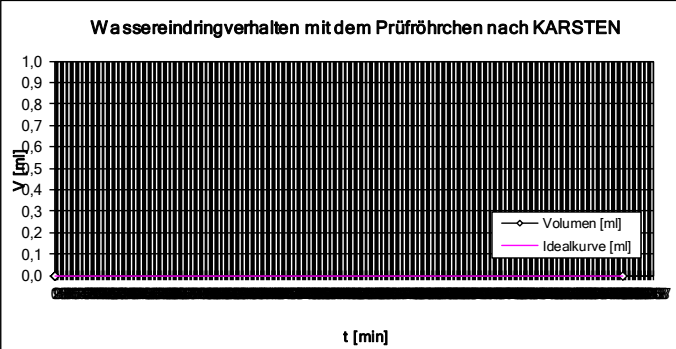
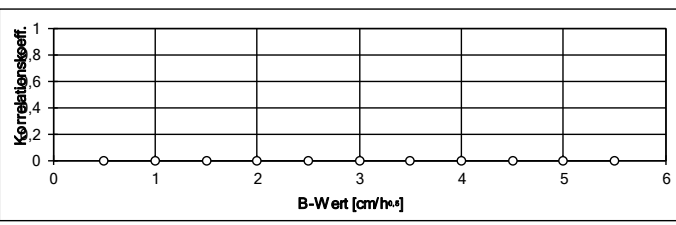
Innendurchmesser d. Röhrchens	2,50
Saugfläche (cm <sup>2</sup> ):	4,91

*Abschätzung des B-Wertes*

Untere Grenze [cm/h <sup>0,5</sup> ):	0,50
Obere Grenze [cm/h <sup>0,5</sup> ):	1,00
Schrittweite:	0,50

Nr. der Ablesung	Eindringzeit [min, sec]	Volumen [ml]	Notizen
1	47,00	0,50	

**Wassereindringverhalten mit dem Prüfröhrchen nach KARSTEN**

**Auswertungsergebnisse**

<b>Optimierter w-Wert:</b>	#DIV/0! [l/(m <sup>2</sup> h <sup>0,5</sup> )
<b>Zugehöriger B-Wert:</b>	#DIV/0! [cm/h <sup>0,5</sup> )
<b>WAK:</b>	#DIV/0! [%]

La absorción de agua que se presentó en la medición 3 era tan baja que no fue posible calcular un coeficiente de agua, por lo que se infiere que el valor es cercano a cero (0). El resultado indica que, aunque se observa una superficie alterada, por un posible tratamiento inadecuado con una sustancia ácida, la estructura de la piedra sigue intacta y no hay porosidad que permita la entrada de agua.

## 2. La Fuente del Sesquicentenario de la Plazoleta de San Diego

Sobre este monumento se realizaron dos mediciones de la absorción de agua, a continuación se presenta su ubicación:

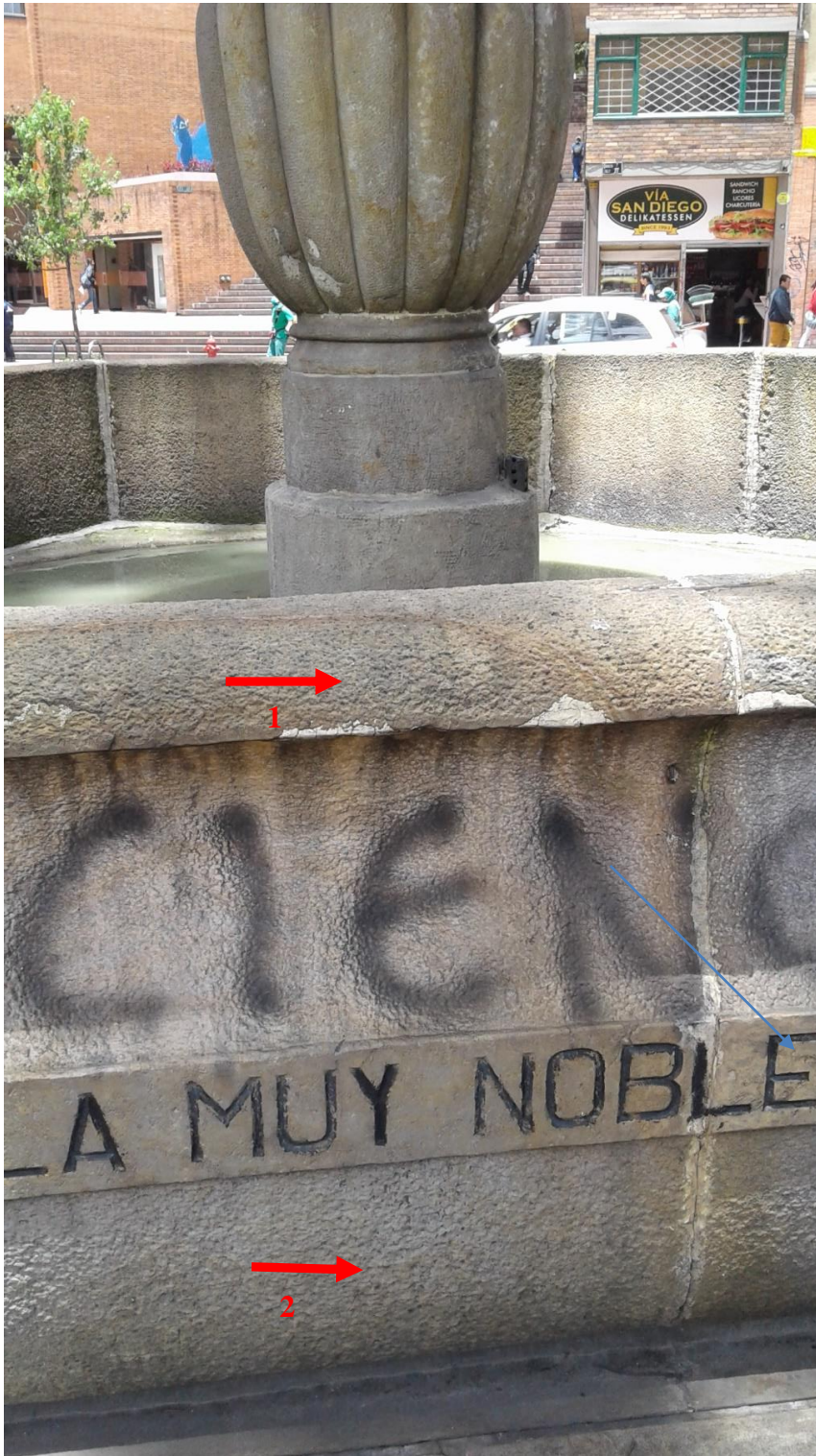


Foto 12: Localización de mediciones de absorción de humedad in situ.

## 2.1 Descripción y localización del punto de medición 1:

La medición 1 se llevó a cabo en una piedra de la pileta de la fuente del sesquicentenario. La piedra se encuentra en buen estado de conservación y no demuestra ningún tipo de deterioro.



Foto 13: En la foto se observa el estudio de la absorción de agua en el punto 1.



Foto 14: La foto muestra el horizonte de humedad que se formó durante el estudio de la absorción.

## 2.2 Resultados de la medición 1:

Número de medición	Agua absorbido	Tiempo
1	1 ml	7 min
2	2 ml	43 min

Tabla 4: Resultados del estudio de la absorción de agua en el punto 1.

El coeficiente de absorción de agua:  $0,16 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$

**Auswertung der Daten aus Messungen zum Wassereindring- und Wasseraufnahmeverhalten von Baustoffen mit dem KARSTEN'schen Prüfröhrchen nach WENDLER (VERSION 3.2)**

**Allgemeine Angaben zum Beprobungspunkt:**

<b>Probenbezeichnung:</b>	punto de medición 1
<b>Datum der Messung:</b>	05.04.2017
<b>Objekt:</b>	pileta medición sobre área horizontal
<b>Gestein:</b>	arenisca
<b>Besonderheiten:</b>	superficie abuzardada, en buen estado de conservación

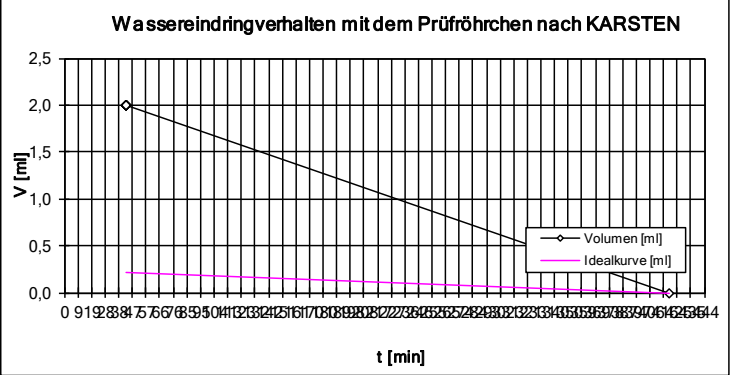
**Meßdaten und Auswertung:**

Innendurchmesser d. Röhrchens	2,50
Saugfläche (cm <sup>2</sup> ):	4,91

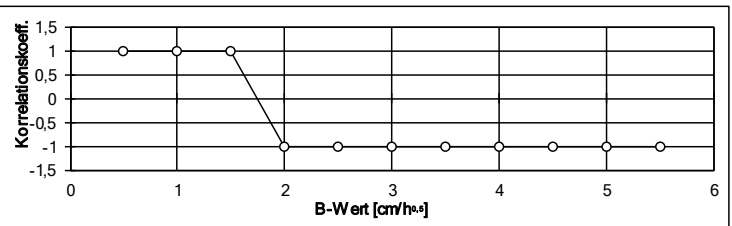
*Abschätzung des B-Wertes*

Untere Grenze [cm/h <sup>0,5</sup> ]:	0,50
Obere Grenze [cm/h <sup>0,5</sup> ]:	1,00
Schrittweite:	0,50

Nr. der Ablesung	Eindringzeit [min, sec]	Volumen [ml]	Notizen
1	7,00	1,00	
2	43,00	2,00	



**Wassereindringverhalten mit dem Prüfröhrchen nach KARSTEN**



**Korrelationskoeff. vs B-Wert**

**Auswertungsergebnisse**

Optimierter w-Wert:	0,16 [l/(m <sup>2</sup> ·h <sup>0,5</sup> )]
Zugehöriger B-Wert:	1,50 [cm/h <sup>0,5</sup> ]
WAK:	1,06 [%]

La absorción es baja, pero no corresponde a procesos de deterioro sino a la porosidad propia de esta piedra arenisca.

### 2.3 Descripción y localización del punto de medición 2:

La medición 2 se llevó a cabo en la misma piedra en la que se realizó la medición 1. Lo que se pretendía observar eran posibles diferencias en la absorción a partir de la

estructura interna de la piedra. Mientras que en el punto 1 se midió la absorción en orientación horizontal en el punto 2 se midió la absorción en orientación vertical.

Al igual que en el punto de medición 1, en el punto de medición 2 se observó una superficie en buen estado de conservación. No se encontró ningún tipo de deterioro.



Foto 15: La foto muestra el área donde se llevó a cabo el estudio de la absorción de agua.

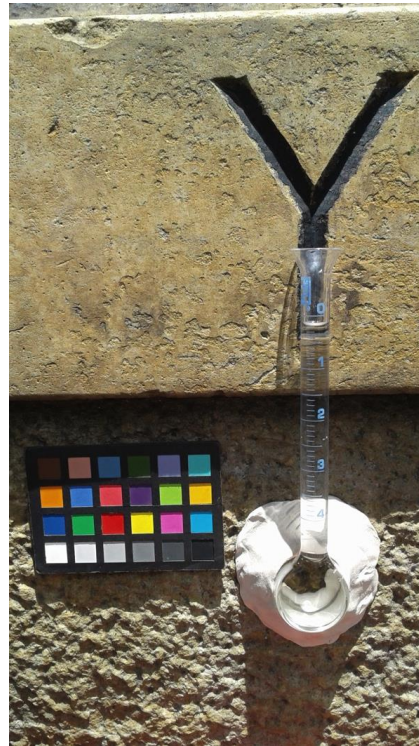


Foto 16: En la foto se observa el estudio de la absorción de agua en el punto de medición 2.

Número de medición	Agua absorbido	Tiempo
1	1 ml	2 min 45 sec
2	2 ml	6 min 50 sec
3	3 ml	8 min 47 sec
4	4 ml	22 min 54 sec
5	55 ml	41 min 38 sec

Tabla 5: Los resultados del estudio de la absorción de agua en el punto 2.

El coeficiente de absorción de agua: **6,88 l/m<sup>2</sup>\*h<sup>0,5</sup>** (ver tabla a continuación).

**Auswertung der Daten aus Messungen zum Wassereindring- und Wasseraufnahmeverhalten von Baustoffen mit dem KARSTEN'schen Prüfröhrchen nach WENDLER (VERSION 3.2)**

**Allgemeine Angaben zum Beprobungspunkt:**

**Probenbezeichnung:** punto de medición 2  
**Datum der Messung:** 05.04.2017  
**Objekt:** pileta medición sobre área vertical  
**Gestein:** arenisca  
**Besonderheiten:** superficie abuzardada, en buen estado de conservación

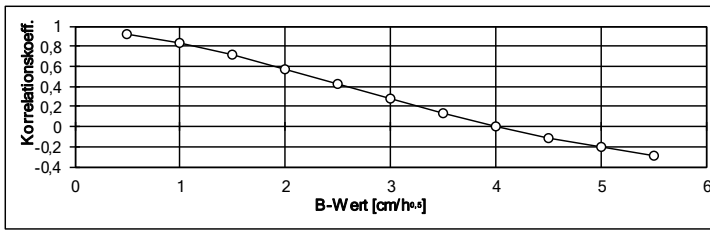
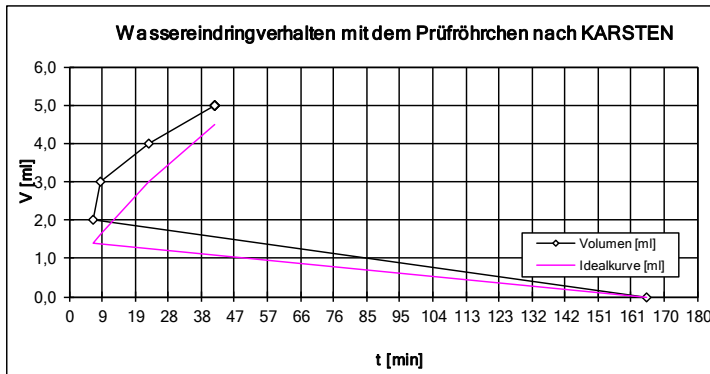
**Meßdaten und Auswertung:**

Innendurchmesser d. Röhrchens	2,50
Saugfläche (cm <sup>2</sup> ):	4,91

*Abschätzung des B-Wertes*

Untere Grenze [cm/h <sup>0,5</sup> ]:	0,50
Obere Grenze [cm/h <sup>0,5</sup> ]:	1,00
Schrittweite:	0,50

Nr. der Ablesung	Eindringzeit [min. sec]	Volumen [ml]	Notizen
1	2,45	1,00	
2	6,50	2,00	
3	8,47	3,00	
4	22,54	4,00	
5	41,38	5,00	



**Auswertungsergebnisse**

**Optimierter w-Wert:** 6,88 [l/(m<sup>2</sup>\*h<sup>0,5</sup>)]  
**Zugehöriger B-Wert:** 0,50 [cm/h<sup>0,5</sup>]  
**WAK:** 137,62 [%]

Los resultados de los dos estudios de absorción realizados en la misma piedra de la pileta, revelaron absorciones muy diferentes. Mientras que en dirección horizontal se encontró una absorción muy baja, en dirección vertical la absorción se presentaba mucho más alta. Eso probablemente debido a que el área vertical se encontraba más limpia, mientras que la zona horizontal es una zona donde se acumula más fácilmente suciedad y que al estar al alcance de los transeúntes, la superficie puede contener grasa a causa de la constante manipulación. Las propiedades anisotrópicas de la piedra podrían también influir en la absorción de agua diferencial en estos dos puntos.

Como los estudios de la absorción se llevaron a cabo en zonas en buen estado de conservación, esos valores ilustran la absorción de agua correspondiente a la estructura porosa de esta arenisca y no corresponden a procesos de deterioro.