



## CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN PARA AUMENTAR PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN DE ARMADURAS

Mg. Ing. María Inés SCHIERLOH



### OBJETIVO

Estudiar distintos factores que afectan a la calidad del hormigón del recubrimiento, con el fin de analizar su influencia en el inicio y desarrollo del proceso de corrosión de las armaduras.



### DESARROLLO

- ❶ Definición de las variables para la investigación.
- ❷ Fabricación de vigas de Hormigón Armado, a escala reducida, con sus respectivas probetas cilíndricas.
- ❸ Caracterización de las propiedades mecánicas del Hormigón y calificar su porosidad.



### DESARROLLO

- ❶ Proceso acelerado de corrosión.
- ❷ Seguimiento de la fisuración.
- ❸ Medición periódica de los Potenciales Electroquímicos de Corrosión.
- ❹ Gravimetría sobre las barras de acero afectadas.
- ❺ Conclusiones.



### VARIABLES PLANTEADAS EN LA INVESTIGACIÓN

- ❶ **Granulometrías discontinúas:** Se trabajó con **áridos finos** con módulos de finura: 2,40; 2,54; 2,80; 2,88; y **áridos gruesos** con tamaño máximo nominal de: 12,50 y 26,50.
- ❷ **Distinto tipo de origen del agregado grueso:** Roca incoherente fluvial y Cuarcítica.
- ❸ **Distintas formas de áridos:** De origen meteórico y de trituración
- ❹ **Formas de curados:** Diferentes tipos y condiciones



serie A	curadas en ambiente interior, de laboratorio: $20 \pm 2$ °C y HR $\approx 50$ %, hasta completar los 28 días
serie B	curadas en ambiente exterior, en un lugar al resguardo de vientos, en invierno con un promedio de temperaturas de 6 °C, sin que se hayan registrado heladas en los 28 días de curado.
serie C	curadas en mufa, durante los primeros 7 días, a temperatura constante de $40 \pm 5$ °C y HR $\approx 13$ %, luego en ambiente de laboratorio hasta completar los 28 días.
serie D	curadas con humedad, durante los 28 días, en laboratorio con las siguientes condiciones: $20 \pm 2$ °C y HR $> 90$ % y según las especificaciones de la Norma IRAM 1534.
serie E	curadas bajo la acción del viento producido artificialmente en laboratorio, con una velocidad de $10 \pm 1$ Km/h, durante los primeros 7 días; y luego colocados en ambiente de laboratorio hasta completar los 28 días



## FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN

Pastones de 40 litros

Relación agua/cemento = 0,60  
aproximadamente constante

Cemento Portland Normal CP40 de la  
Provincia de Buenos Aires, según norma IRAM  
50000



## DOSIFICACIONES EMPLEADAS

Mezclas Nº	1	2	3	4	5	6	7	8
Tam. Máx. del árido (mm)	12,5	12,5	12,5	12,5	26,5	26,5	26,5	26,5
Cont. de cemento (Kg.)	300	300	300	300	290	283	290	290
Árido fino	Arena Fina	Arena de Tít.	Arena Gruesa	Arena Mezcla	Arena Fina	Arena de Tít.	Arena Gruesa	Arena Mezcla
Conteni- do [Kg.]	1035	1154	1107	1049	872	938	891	882
Árido Grueso	P. Partida Cuarcli- ca	P. Partida Cuarcli- ca	P. Partida Cuarcli- ca	P. Partida Cuarcli- ca	Canto Rodado	Canto Rodado	Canto Rodado	Canto Rodado
Conteni- do [Kg.]	840	730	767	826	1050	1010	1030	1040



## PROBETAS UTILIZADAS

Se fabricaron dos tipos de probetas:

- **Vigas:** de hormigón armado de 8 x 16 x 110 cm, armadas con barras de diámetro nominal de 4,2 mm, y estribos de alambre liso de 2,1 mm de diámetro nominal, con un recubrimiento constante de 10 mm y una relación recubrimiento / diámetro de barra (C/ø) de aproximadamente 2,4.
- **Cilíndricas:** de hormigón normalizadas de 15 x 30 cm.



## PROBETAS UTILIZADAS



Vista de las probetas de hormigón armado, usadas en los ensayos de corrosión acelerada.



## MÉTODO ACELERADO DE CORROSIÓN

Con el fin de acelerar la corrosión se aplicó una corriente constante a través de las armaduras, mediante un galvanostato. Se empleó densidad de corriente:

$$i_{corr} = 100 \mu A/cm^2$$

(intensidad de corriente de 15,9 mA)

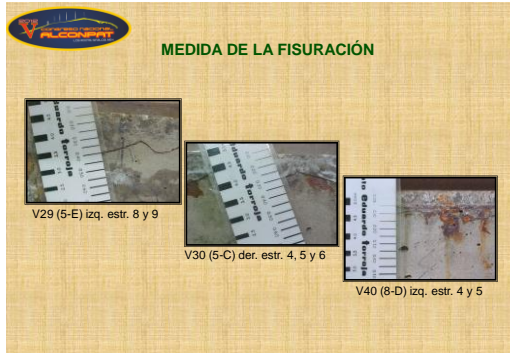
Unas diez veces el valor máximo medido en estructuras de hormigón altamente corroídas y contaminadas con cloruros.



## MÉTODO ACELERADO DE CORROSIÓN



Grupo de probetas en proceso de corrosión acelerada.



**FISURACIÓN EN VIGA 17 (1-D), CARA DERECHA**

Tiempo (días)	Penetración media teórica del ataque ( $\mu\text{m}$ )	Cuadro de Fisuración	Ancho de la fisura (mm)
0	0		-----
8	26		0,05
29	93		0,05 - 0,075 - 0,1
46	147		0,05 - 0,075 - 0,1 - 0,15
57	182		0,05 - 0,075 - 0,1 - 0,15 - 0,2
74	237		0,05 - 0,075 - 0,1 - 0,15 - 0,2 - 0,25
94	301		0,05 - 0,075 - 0,1 - 0,15 - 0,2 - 0,25 - 0,45 - 0,5

**FISURACIÓN EN VIGA 17 (1-D), CARA IZQUIERDA**

Tiempo (días)	Penetración media teórica del ataque ( $\mu\text{m}$ )	Cuadro de Fisuración	Ancho de la fisura (mm)
0	0		-----
29	93		0,05
46	147		0,05
57	182		0,05 - 0,075
74	237		0,05 - 0,075 - 0,1
94	301		0,05 - 0,075 - 0,1 - 0,15

**FISURACIÓN EN VIGA 17 (1-D), CARA SUPERIOR**

Tiempo (días)	Penetración media teórica del ataque ( $\mu\text{m}$ )	Cuadro de Fisuración	Ancho de la fisura (mm)
0	0		-----
29	93		0,05
46	147		0,05 - 0,075
57	182		0,05 - 0,075 - 0,1
74	237		0,05 - 0,075 - 0,1
94	301		0,05 - 0,075 - 0,1

- ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN**
- ➊ **Análisis granulométricos de los agregados** (IRAM 1505 y 1627).
  - ➋ **Ensayos mecánicos: Compresión y Tracción Indirecta** (IRAM 1546 y 1658 respectivamente).
  - ➌ **Absorción Capilar:** se empleó la metodología desarrollada por **Señas L. y Gil E.**; se calculó además el Coeficiente de Absorción Capilar a las 24 hs.
  - ➍ **Penetración de agua a presión** (IRAM 1554).

- ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN**
- ➎ **Tracción sobre el acero**, (IRAM-IAS U 500-102 Partes I y II).
  - ➏ **Gravimetría de las barras corroídas:** Luego de finalizado el período de corrosión acelerada, las barras se limpiaron mediante una solución de ácido clorhídrico en una concentración 1:1, luego se las pesó, para obtener las pérdidas gravimétricas con relación al peso inicial. Estos resultados se compararon con los obtenidos teóricamente, calculados con la expresión que surge de la Ecuación de Faraday.

## ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LOS MATERIALES

Ecuación de Faraday:

$$\frac{m}{PA} = \frac{i \cdot A \cdot t}{z \cdot F}$$

donde:  
**m:** masa del metal corroído.  
**PA:** peso atómico del metal.  
**i:** densidad de corriente de corrosión.  
**A:** área de metal involucrada.  
**t:** tiempo.  
**z:** número de electrones intercambiados por átomos de metal en la reacción de corrosión.  
**F:** constante de Faraday (96487 Coulombs).

## ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LOS MATERIALES

Para el caso del hierro:

$$R_{(t)} = R_{(0)} - 0,0116 \cdot i_{corr} \cdot t$$

donde:  
**R<sub>(t)</sub>** : radio de la barra al tiempo t (mm)  
**R<sub>(0)</sub>** : radio inicial (mm)  
**t** : tiempo del ensayo (años)  
**i<sub>corr</sub>** : es el valor medio de la densidad de corriente durante el tiempo t (µA/cm<sup>2</sup>) y 0,0116 es el factor de conversión de µA/cm<sup>2</sup> a mm/año para el caso de corrosión homogénea.

## MEDIDAS DE LOS POTENCIALES DE CORROSIÓN

La medición de los potenciales electroquímicos de corrosión se aplica para la evaluación de la actividad corrosiva dentro del hormigón armado en servicio y en trabajos de investigación y desarrollo. El procedimiento empleado fue el dado por la norma ASTM C 876 – 80.

El diagrama muestra un electrodo de cobre-sulfato de cobre insertado en un hormigón que contiene una armadura de acero. El electrodo está conectado a un voltímetro (V) que mide el potencial de la armadura en varios puntos.

### RESULTADOS

**Ensayos de compresión y tracción indirecta**

Tipo de curado	Mezcla			Viga Nº	σ <sub>lim</sub> [MPa]	R <sub>t</sub> [MPa]
	Agregado Grueso	Agregado Fino	Denominación			
Ambiente interior de laboratorio	P. P. Cuarcítica	Ar. Fino	1A	3	23,8	2,9
		Ar. de Trít.	2A	4	22,5	3,6
	Ar. Gruesa	3A	3	17,5	2,9	
		Ar. Mezcla	4A	24	23,8	2,7
	Canto Rodado	Ar. Fino	5A	10	17,5	2,7
		Ar. de Trít.	6A	28	28,3	4,0
Ambiente exterior con bajas temperaturas	P. P. Cuarcítica	Ar. Fino	1B	2	18,5	2,7
		Ar. de Trít.	2B	1	21,3	3,2
	Ar. Gruesa	3B	5	21,5	2,8	
		Ar. Mezcla	4B	6	20,9	3,1
	Canto Rodado	Ar. Fino	5B	7	15,2	2,6
		Ar. de Trít.	6B	8	23,9	3,6
Ambiente con altas temperaturas	P. P. Cuarcítica	Ar. Fino	1C	25	17,5	2,2
		Ar. de Trít.	2C	14	14,4	2,5
	Ar. Gruesa	3C	13	14,4	2,8	
		Ar. Mezcla	4C	26	19,0	2,1
	Canto Rodado	Ar. Fino	5C	30	15,3	2,0
		Ar. de Trít.	6C	27	22,8	3,7
Ar. Gruesa	7C	31	16,5	2,8		
Ar. Mezcla	8C	32	17,5	2,0		

### RESULTADOS

Tipo de curado	Mezcla			Viga Nº	σ <sub>lim</sub> [MPa]	R <sub>t</sub> [MPa]	
	Agregado Grueso	Agregado Fino	Denominación				
Ambiente normalizado	P. P. Cuarcítica	Ar. Fino	1-D	17	32,8	4,0	
		Ar. de Trít.	2-D	11	38,2	4,9	
		Ar. Gruesa	3-D	12	24,7	3,3	
			Ar. Mezcla	4-D	18	31,6	4,0
		Canto Rodado	Ar. Fino	5-D	19	29,7	3,3
			Ar. de Trít.	6-D	20	28,7	3,3
	Ambiente de laboratorio, expuestas a viento	P. P. Cuarcítica	Ar. Gruesa	7-D	39	31,8	3,8
			Ar. Mezcla	8-D	40	29,5	4,0
		Ar. Fino	1-E	21	16,5	2,2	
			Ar. de Trít.	2-E	15	23,9	2,8
		Canto Rodado	Ar. Gruesa	3-E	16	17,1	3,3
			Ar. Mezcla	4-E	22	19,0	2,4
Ambiente de laboratorio, expuestas a viento	P. P. Cuarcítica	Ar. Fino	5-E	29	12,6	2,0	
		Ar. de Trít.	6-E	23	22,8	2,0	
	Canto Rodado	Ar. Gruesa	7-E	33	13,0	2,2	
		Ar. Mezcla	8-E	34	18,4	2,1	

El mayor valor promedio de las Tensiones de Compresión, se obtuvo para las probetas con curado D, siguiéndole en orden decreciente los curados A, B, E, y C, esta tendencia se mantuvo también para las tensiones de rotura por Tracción Indirecta





### RESULTADOS

Ensayos para calificar la estructura porosa del hormigón.

Viga Nº	Mezcla - Curado	Penetración de Agua a Presión		Absorción Capilar		Coef. de Abs. Capilar a 24 hrs	
		[cm]	[%]	[g/cm²]	[Prom.]	[g/cm²]	[Prom.]
3	1-A 8-0 80	1.33	1.33	26.92		26.92	
4	2-A 12-2 81	2.00	2.00	30.88		30.88	
9	3-A 15-0 100	2.37	2.37	38.76		38.76	
24	4-A 18-0 100	1.68	1.68	21.18	1.40	21.18	25.30
19	5-A 8-3 85	1.27	1.27	18.03		18.03	
28	6-A 8-3 85	0.78	0.78	14.92		14.92	
37	7-A 5-5 37	0.93	0.93	17.33		17.33	
38	8-A 4-4 29	1.48	1.48	21.95		21.95	
2	1-B 8-2 63	1.83	1.83	26.20		26.20	
1	2-B 15-0 100	2.89	2.89	38.62		38.62	
5	3-B 15-0 100	1.46	1.46	20.41		20.41	
6	4-B 10-9 73	1.70	1.70	23.43	1.50	23.43	24.10
7	5-B 8-8 84	1.10	1.10	15.51		15.51	
8	6-B 15-0 100	1.44	1.44	21.66		21.66	
10	7-B 12-2 82	0.81	0.81	12.02		12.02	
36	8-B 7-8 51	1.18	1.18	16.51		16.51	
25	1-C 8-4 56	1.36	1.36	20.89		20.89	
14	2-C 15-0 100	1.87	1.87	26.19		26.19	
13	3-C 15-0 100	1.80	1.80	25.35		25.35	
26	4-C 8-7 48	1.41	1.41	20.12		20.12	
30	5-C 10-4 70	1.61	1.61	22.90	1.50	22.90	30.80
27	6-C 4-2 28	1.02	1.02	15.19		15.19	
31	7-C 8-8 84	1.73	1.73	24.78		24.78	
32	8-C 2-5 17	1.02	1.02	15.95		15.95	



### RESULTADOS

Viga Nº	Mezcla - Curado	Penetración de Agua a Presión		Prom. [%]	Absorción Capilar		Coef. de Abs. Capilar a 24 hrs	
		[cm]	[%]		[g/cm²]	[Prom.]	[g/cm²]	[Prom.]
17	1-D 1-0 10	0.5	0.5	17	0.20		2.88	
11	2-D 1-0 10	0.5	0.5	17	0.20		2.88	
12	3-D 2-1 14	1.1	1.1	33	0.31		4.75	
18	4-D 1-3 9	0.9	0.9	25	0.34	0.50	5.74	
19	5-D 1-8 12	1.2	1.2	33	0.44	0.50	6.85	
20	6-D 2-0 12	1.6	1.6	45	0.60	1.00	11.25	
29	7-D 2-4 15	1.5	1.5	42	0.54	1.00	8.85	
40	8-D 1-5 10	0.8	0.8	22	0.34	1.00	5.83	
21	1-E 0-8 46	1.1	1.1	31	0.44	1.00	8.02	
15	2-E 0-8 66	1.4	1.4	39	0.60	1.00	10.12	
16	3-E 10-0 100	1.6	1.6	45	0.60	1.50	10.00	
22	4-E 1-2 35	0.8	0.8	22	0.34	1.50	5.79	
29	5-E 10-0 66	1.6	1.6	45	0.60	1.50	10.12	
23	6-E 0-8 46	1.1	1.1	31	0.44	1.50	8.02	
33	7-E 11-0 73	1.6	1.6	45	0.60	1.50	10.12	
34	8-E 6-7 28	1.0	1.0	28	0.34	1.50	5.79	

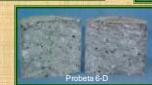
Considerando las mezclas usadas, los mayores valores, en promedio, del porcentaje de Penetración de Agua a Presión (índice de la porosidad abierta del material) se midió para la Nº 3 (arena gruesa/ piedra partida cuarcítica).

Las mezclas Nº 2 (arena de trituración/piedra partida cuarcítica), y Nº 3 (arena gruesa/piedra partida cuarcítica) fueron las que dieron mayores valores, en promedio, de Absorción Capilar y los menores valores se obtuvieron para la mezcla Nº 8 (arena mezcila/canto rodado).



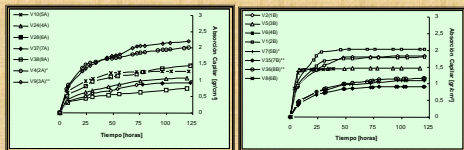
### RESULTADOS

Vista de los ensayos de Absorción Capilar y de Penetración de Agua a Presión.



### RESULTADOS

Curvas de Absorción Capilar, para cada grupo de curados

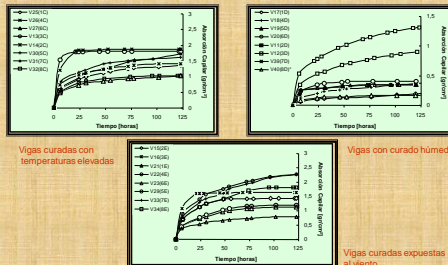


Vigas curadas en ambiente de laboratorio

Vigas curadas con bajas temperaturas



### RESULTADOS



Vigas curadas con temperaturas elevadas

Vigas con curado húmedo

Vigas curadas expuestas al viento



### RESULTADOS

Pérdidas electroquímicas y gravimétricas de la armadura en los ensayos de corrosión acelerados, duración aprox. de 3 meses.

Viga Nº	Long. total de cada barra electrolizada [cm]	Temp. [°C]	APgrav. long. total [g]	APgrav. 150 cm [g]	Pérd. electrol. material [mg]	Pérd. masa material [g]	Rend. [%]	Pérd. elect. total [mm²]	Pérd. elect. en 50 cm [mm²]	Super. total afect. [mm²]			
9	67.807.8	108	13.02	10.33	12.96	9.82	6799	4921	72	4988	4437	89	26205
10	60.146.0	108	8.15	11.38	8.67	11.33	5828	3748	64	4988	3758	75	20795
11	59.860.3	108	12.61	12.74	12.03	11.57	5969	4366	73	4988	3981	80	20597
12	60.890.0	108	13.29	13.72	11.78	12.35	6018	5143	86	4988	4694	94	23460
13	69.070.0	107	16.07	14.48	11.85	13.30	7281	6114	86	4953	4923	89	28897
14	65.866.3	107	16.67	17.08	14.70	15.21	6757	6612	98	4953	6676	115	27564
15	66.607.3	107	11.42	11.38	10.95	10.36	6842	4854	71	4953	4384	89	26804
16	77.377.7	107	10.88	10.36	10.04	10.82	7743	5093	65	4953	4300	87	30150
17	59.957.0	95	18.69	12.52	18.98	11.74	5042	4853	96	4447	4380	99	18925
18	63.060.0	95	13.27	17.94	12.38	16.16	5448	5077	95	4447	5483	123	21771
19	60.060.0	95	11.27	14.73	10.10	14.01	5191	4216	81	4447	3889	88	19462
20	56.956.0	95	8.11	11.54	7.73	11.31	5039	3567	71	4447	3497	79	18737
21	60.064.0	95	14.67	13.64	10.78	12.98	5816	4979	81	4447	4609	104	24672
22	67.066.0	95	13.98	16.78	7.78	12.95	5984	6312	85	4447	3484	76	25466
23	60.060.0	95	15.71	10.51	14.27	9.19	5191	4238	82	4447	3958	89	19792
24	60.060.0	95	13.18	14.08	11.81	13.27	5191	4560	88	4447	4156	94	23771
25	60.060.0	95	16.82	13.50	15.27	11.70	4482	5026	110	4447	4546	102	24146
26	60.060.0	95	16.42	14.89	15.11	14.03	5336	5334	100	4447	4662	105	22167
27	54.054.0	95	14.17	17.21	13.57	16.38	4744	4705	99	4447	4458	100	18839
28	63.063.0	95	16.21	12.54	15.10	11.17	5559	5175	93	4447	5432	122	22167





## RESULTADOS

Pérdidas electroquímicas y gravimétricas de la armadura en los ensayos de corrosión acelerados, duración aprox. de 3 meses.

- En la zona humectada (50 cm centrales), la media de los rendimientos fue del 96 %, es decir que las pérdidas gravimétricas son poco menores que las calculadas con la corriente aplicada, esto se debe, principalmente por la derivación de corriente hacia las armaduras ubicadas en las zonas no humectadas.



## RESULTADOS

Pérdidas electroquímicas y gravimétricas de la armadura en los ensayos de corrosión acelerada, duración 5 meses.

Viga N°	Long. Total afectada [cm]	Tiempo [días]	A.Pgrav. Long. total [g]	Long. der. [g]	A.Pgrav. (50) [g]	Pérd. teor. de mat. (total) [mm3]	Pérd. teor. de mat. (50) [mm3]	Rend. long. total afectada (%)	Pérd. teor. de mat. (50) [mm3]	Pérd. real de mat. (50) [mm3]	Rend. en 50cm. cent. (%)	Superf. total afect. [mm2]	
29	69,072,5	159	22,20	30,60	20,51	36,03	10382	11384	110	7352	8899	135	30678
30	65,564,4	159	40,85	23,50	34,20	18,33	9408	11162	119	7352	9129	124	25848
31	69,764,7	159	34,03	24,19	33,83	31,48	9962	10025	101	7352	10594	144	26970
32	60,091,2	159	22,43	36,07	23,46	34,07	5893	10559	119	7352	9514	129	24067
33	74,877,5	159	32,04	33,74	19,84	18,91	11308	11379	101	7352	9243	126	35095
34	63,446,1	159	28,59	26,77	26,97	31,01	8613	5661	100	7352	12603	164	24714
35	63,183,5	159	36,36	32,71	23,75	30,24	9477	11314	119	7352	8850	120	24734
36	64,363,5	159	19,95	34,86	16,97	32,01	9572	10734	112	7352	9349	127	30071
37	62,270,2	159	34,71	24,20	33,46	26,15	8844	10125	103	7352	9864	134	27630
38	64,271,5	159	23,74	34,40	33,51	25,79	10039	10195	102	7352	7976	109	25895
39	62,295,6	159	24,25	36,90	28,24	33,63	9283	9720	105	7352	8859	134	23513
40	58,442,2	159	34,71	19,27	33,90	34,63	8858	8641	98	7352	6359	114	23473



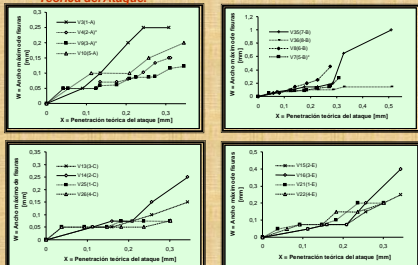
## RESULTADOS

Vista de cuatro barras superiores, de 4,2 mm de diámetro, en las cuales se puede observar la aparición de una corrosión localizada de importante magnitud, aunque, como se puede apreciar, también se produjo una corrosión generalizada en la longitud afectada.



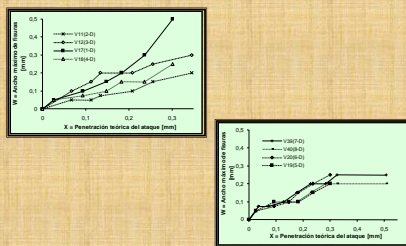
## RESULTADOS

Relación entre el Ancho Máximo de Fisuras y la Penetración Media Teórica del Ataque.



## RESULTADOS

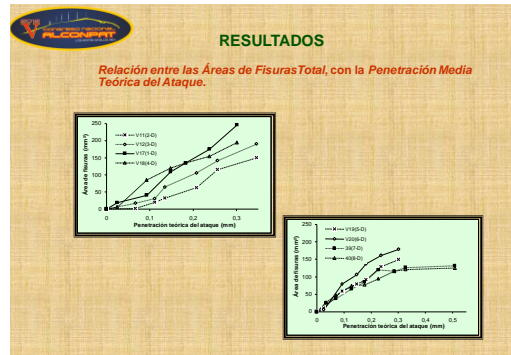
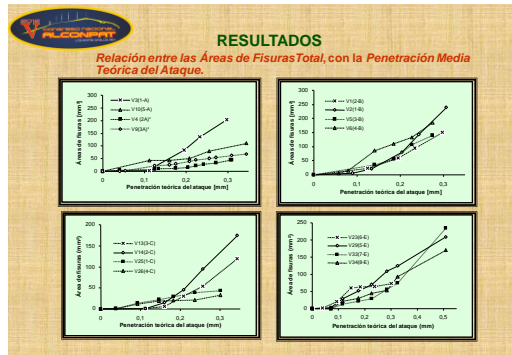
Relación entre el Ancho Máximo de Fisuras y la Penetración Media Teórica del Ataque.



## RESULTADOS

Ajuste por regresión lineal de los resultados entre el Ancho Máximo de Fisuras W y Penetración Media Teórica del Ataque X.

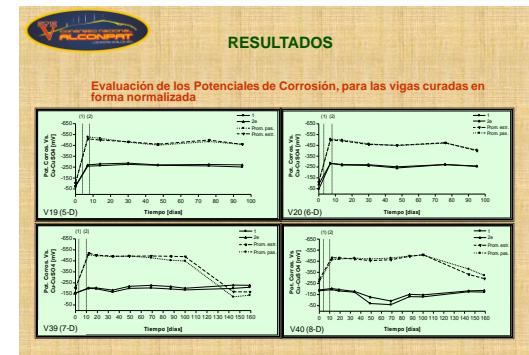
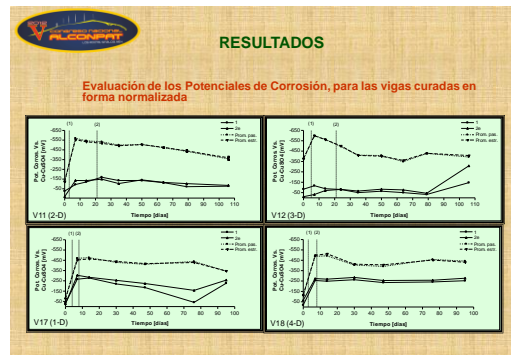
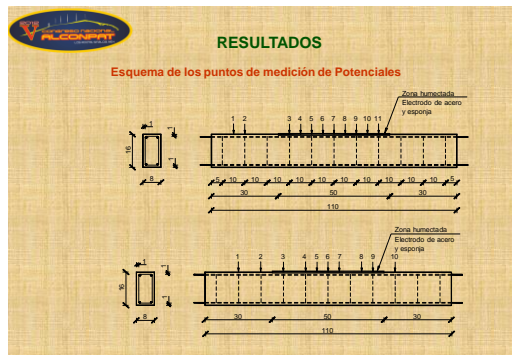
Viga	Muestra / Corrosión	Ecuación Renta Regresión	Coeff. de Correlación (R²)
4	1-A	$W = 0,0000 X + 0,0000$	0,0000
4	2-A	$W = 0,4265 X + 0,0006$	0,9377
4	3-A	$W = 0,3144 X + 0,0019$	0,8997
10	1-A	$W = 0,5283 X + 0,0154$	0,9223
29	1-A	$W = 0,5244 X + 0,0040$	0,9293
29	2-A	$W = 0,5300 X + 0,0184$	0,8881
37	1-A	$W = 0,2977 X + 0,0000$	0,8693
38	1-A	$W = 1,4082 X + 0,0060$	0,9480
38	2-A	$W = 0,2900 X + 0,0170$	0,9199
38	3-A	$W = 0,8619 X + 0,0087$	0,8997
5	1-B	$W = 1,3200 X + 0,0001$	0,7786
6	1-B	$W = 1,4266 X + 0,0099$	0,9293
7	1-B	$W = 0,6074 X + 0,0044$	0,7786
8	1-B	$W = 1,2018 X + 0,0431$	0,9199
8	2-B	$W = 1,0000 X + 0,1170$	0,8377
8	3-B	$W = 0,2897 X + 0,0064$	0,8299
11	1-C	$W = 0,2900 X + 0,0000$	0,8693
11	2-C	$W = 0,2916 X + 0,0081$	0,8584
11	3-C	$W = 0,2900 X + 0,0000$	0,8693
20	1-C	$W = 0,1648 X + 0,0210$	0,7066
20	2-C	$W = 0,2402 X + 0,0106$	0,8299
20	3-C	$W = 0,2102 X + 0,0234$	0,7199
27	1-C	$W = 0,2900 X + 0,0000$	0,8693
35	1-C	$W = 0,4300 X + 0,0000$	0,9293
11	1-D	$W = 1,4000 X + 0,0004$	0,9293
11	2-D	$W = 0,2900 X + 0,0000$	0,8693
11	3-D	$W = 0,2900 X + 0,0019$	0,9199
11	4-D	$W = 0,2900 X + 0,0000$	0,8693
19	1-D	$W = 0,2944 X + 0,0000$	0,9199
19	2-D	$W = 0,2900 X + 0,0000$	0,8693
19	3-D	$W = 0,2900 X + 0,0087$	0,8693
19	4-D	$W = 0,2900 X + 0,0000$	0,8693
21	1-E	$W = 0,2900 X + 0,0000$	0,8693
19	1-E	$W = 1,2000 X + 0,0044$	0,7999
29	1-E	$W = 0,2900 X + 0,0000$	0,8693
29	2-E	$W = 1,2000 X + 0,0044$	0,7999
29	3-E	$W = 0,2900 X + 0,0000$	0,8693
39	1-E	$W = 0,2900 X + 0,0000$	0,8693
39	2-E	$W = 2,2000 X + 0,1084$	0,8399
39	3-E	$W = 0,2900 X + 0,0000$	0,8693

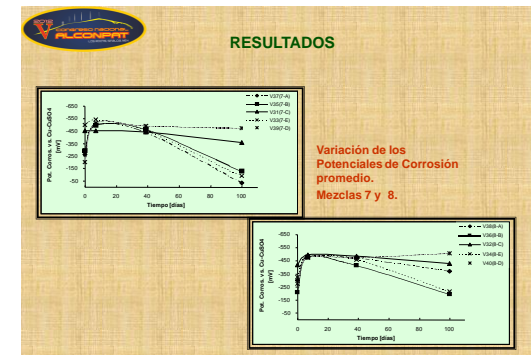
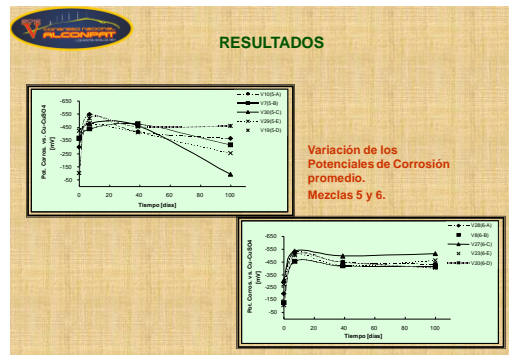
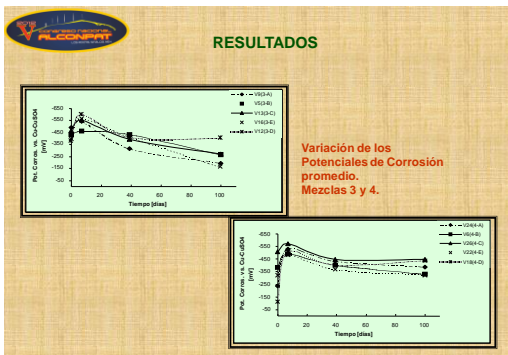
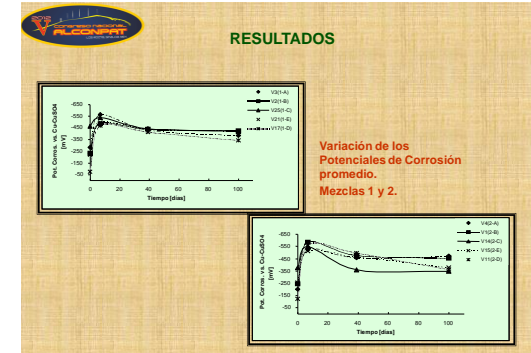
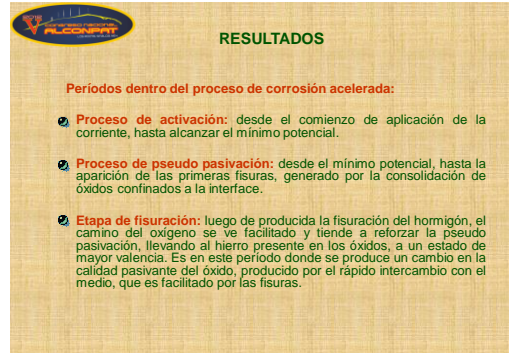
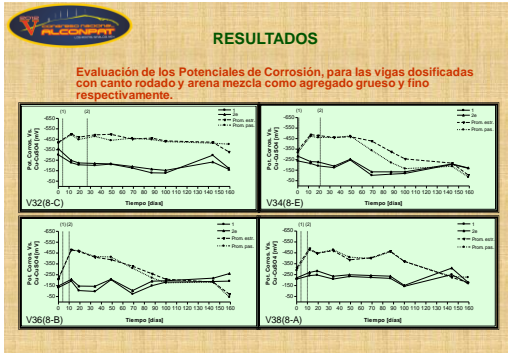


### RESULTADOS

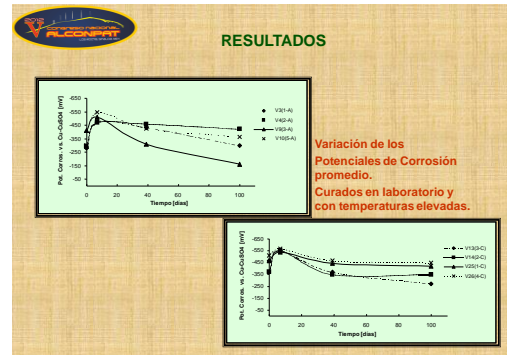
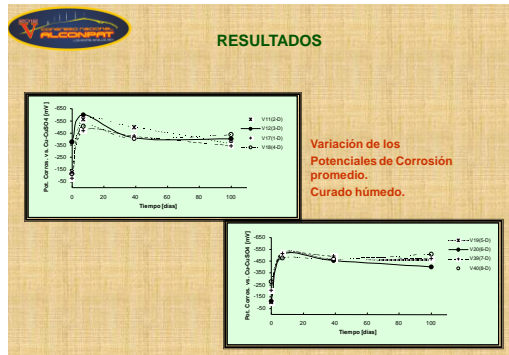
**Ecuación de ajuste, que relaciona el Área de Fisuras Total Y con la Penetración Media Teórica del Ataque X.**

Nº	Medición	Ecuación Recta Regresión	Coeff. de correlación (R²)
1	A-D	$Y = 2000.00 X^2 + 100.00 X + 0.00$	0.999
2	A	$Y = 130.33 X^2 + 20.72 X + 1.2411$	0.999
3	B-A	$Y = 240.00 X^2 + 150.00 X + 0.00$	0.997
10	A	$Y = 234.00 X^2 + 220.20 X + 0.2000$	0.997
24	A-B	$Y = 240.00 X^2 + 150.00 X + 0.00$	0.996
28	A	$Y = 201.73 X^2 + 284.28 X + 0.8608$	0.916
37	A	$Y = 240.00 X^2 + 150.00 X + 0.00$	0.994
38	A	$Y = 248.10 X^2 + 524.24 X + 12.2500$	0.993
4	B	$Y = 200.00 X^2 + 200.00 X + 0.00$	0.997
1	B	$Y = 188.80 X^2 + 33.80 X + 0.1616$	0.998
2	B	$Y = 200.00 X^2 + 40.00 X + 0.2000$	0.998
8	A-B	$Y = 220.00 X^2 + 302.00 X + 0.8700$	0.974
11	B	$Y = 200.00 X^2 + 100.00 X + 0.00$	0.991
8	B	$Y = 170.00 X^2 + 174.00 X + 0.2000$	0.983
23	B	$Y = 201.20 X^2 + 324.40 X + 1.1400$	0.979
26	A-B	$Y = 220.00 X^2 + 324.77 X + 0.6800$	0.947
27	A	$Y = 100.00 X^2 + 100.00 X + 0.00$	0.997
14	C	$Y = 2132.00 X^2 + 2132.00 X + 1.2400$	0.999
13	A	$Y = 100.00 X^2 + 100.00 X + 0.00$	0.997
20	A-C	$Y = 27.80 X^2 + 120.81 X + 0.8411$	0.995
30	A-C	$Y = 212.00 X^2 + 189.00 X + 0.1000$	0.993
27	B-C	$Y = 200.00 X^2 + 204.14 X + 0.4200$	0.993
11	C	$Y = 212.00 X^2 + 407.00 X + 0.2000$	0.997
25	B-C	$Y = 49.00 X^2 + 62.00 X + 0.4121$	0.993
17	A	$Y = 200.00 X^2 + 500.00 X + 0.00$	0.999
11	D	$Y = 840.22 X^2 + 185.00 X + 7.0400$	0.971
12	A-D	$Y = 201.20 X^2 + 324.40 X + 1.1400$	0.983
18	A-D	$Y = 100.00 X^2 + 100.00 X + 0.00$	0.996
17	A-D	$Y = 200.00 X^2 + 400.00 X + 1.00$	0.997
20	A-D	$Y = 220.00 X^2 + 1000.70 X + 7.8400$	0.991
30	A-D	$Y = 200.00 X^2 + 400.00 X + 1.00$	0.996
20	A-D	$Y = 400.00 X^2 + 600.00 X + 0.00$	0.987
11	A	$Y = 200.00 X^2 + 1000.00 X + 0.00$	0.999
15	B	$Y = 1725.10 X^2 + 75.10 X + 1.7100$	0.984
11	B	$Y = 200.00 X^2 + 400.00 X + 1.00$	0.996
27	A-B	$Y = 200.00 X^2 + 600.00 X + 10.1000$	0.995
23	A-B	$Y = 200.00 X^2 + 300.00 X + 0.8000$	0.995
24	A-B	$Y = 200.00 X^2 + 300.00 X + 0.8000$	0.995
40	B	$Y = 1166.10 X^2 + 1474.70 X + 5.5410$	0.995
34	A-B	$Y = 200.00 X^2 + 600.00 X + 0.00$	0.984

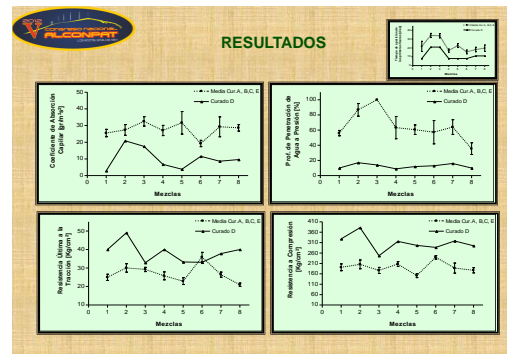
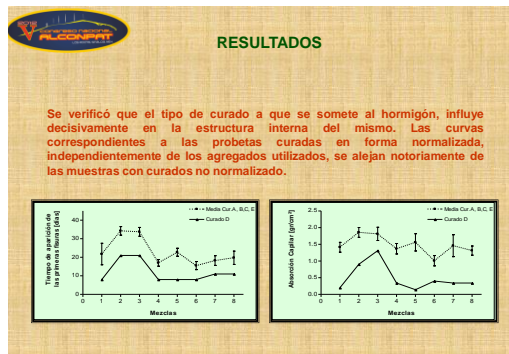








- ### RESULTADOS
- 2 Los Hormigones más porosos, muchos de los cuales llegaron a tener una Penetración de Agua a Presión del 100 %, en presencia de los cloruros, pasivaron sus armaduras más rápidamente.
  - 2 Para todas las mezclas sometidas a un curado húmedo, se midieron valores entre -350 a -500 mV, los cuales denotan actividad.



- ### CONCLUSIONES
- 2 El curado es el parámetro, de todos los analizados, frente al que son más sensibles los mecanismos de transportes estudiados.
  - 2 En los hormigones obtenidos en este trabajo con arenas naturales, de elevado módulo de finura o las obtenidas por trituración y empleando un mismo agregado grueso, se obtienen valores altos de la Absorción Capilar y de la Penetración del Agua a Presión.
  - 2 La absorción capilar tiene una mayor influencia sobre la aparición de las primeras fisuras, que las características mecánicas del hormigón.



  
Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Concepción del Uruguay

MUCHAS GRACIAS  
POR Vtra. ATENCIÓN