



Innovazione e Qualità
GALILEO malte per il restauro
delle opere in calcestruzzo armato

> **Il degrado del calcestruzzo** consiste nella perdita delle iniziali prestazioni a seguito di eventi lenti legati all'ambiente al quale il calcestruzzo è esposto. Ovviamente in questo termine non rientra il dissesto delle strutture a seguito d'eventi straordinari (sisma, incendio ecc.) che comunque genera ugualmente la necessità di restauro dell'opera.

IL DEGRADO DEL CALCESTRUZZO

> **Le principali cause del degrado** derivano dalla penetrazione di varie sostanze, presenti nell'ambiente nel quale i manufatti sono esposti, che possono essere di origine naturale (acqua marina, aria umida, ecc.) o artificiale (ambienti industriali). Nella maggior parte dei casi l'attacco aggressivo viene esplicitato non tanto nei confronti del calcestruzzo, quanto invece nei confronti delle armature metalliche (Fig.1-2): in questi casi, l'ingresso delle sostanze aggressive promuove un'intensa corrosione delle armature metalliche e la conseguente espulsione del copriferro per effetto dell'aumento di volume connesso alla formazione dei più voluminosi prodotti di ossidazione.



Fig. 1 Degrado della struttura per corrosione dei ferri di armatura in ambiente marittimo (da "Il Calcestruzzo Vulnerabile: Prevenzione, Diagnosi del Degrado e Restauro", Ed. Tintoretto, Villorba 2004).



Fig. 2 Degrado della struttura per corrosione dei ferri di armatura all'aria per carbonatazione (da "Il Nuovo Calcestruzzo" - Terza Edizione, Ed. Tintoretto, Villorba 2004).



Fig. 3 Degrado della struttura in clima esposto ai cicli di gelo-disgelo (da "Il Nuovo Calcestruzzo" - Terza Edizione, Ed. Tintoretto, Villorba 2004).

> **La penetrazione degli agenti aggressivi** nei confronti dei ferri di armatura è spesso favorita da concomitanti fenomeni che possono esasperarne l'azione: si può menzionare il contatto della superficie del calcestruzzo con prodotti (per esempio solfati) che danneggiano la matrice cementizia del copriferro o l'erosione del calcestruzzo dovuta ai cicli gelo/disgelo durante i periodi invernali (Fig.3).

LA DIAGNOSI DEL DEGRADO

> **Una tappa fondamentale** nella ricerca della migliore soluzione per il restauro di una struttura è la parte dedicata alla diagnosi. Questa fase consiste nella raccolta di dati sperimentali desunti da indagini in sito solitamente non distruttive (Fig. 4) o di laboratorio (Fig. 5) che, unitamente alle informazioni al contorno (di carattere ambientale, climatico, storico, strutturale), consente di stabilire le cause del deterioramento della struttura in genere e del degrado dei materiali in particolare, com'è schematicamente illustrato in Fig. 6. Un altro aspetto importante della diagnosi, oltre alla individuazione del "male", è la determinazione dello spessore del calcestruzzo "ammalorato" che deve essere rimosso, in funzione della penetrazione dell'agente aggressivo.



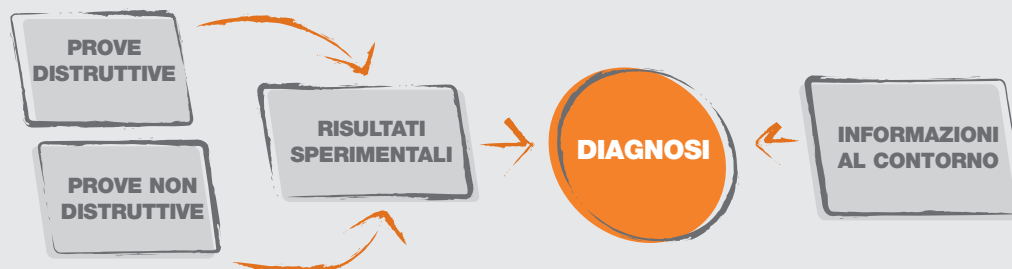
Fig. 4 Indagine in sito con prove non distruttive (da "Il Calcestruzzo Vulnerabile: Prevenzione, Diagnosi del Degrado e Restauro", Ed. Tintoretto, Villorba 2004).



Fig. 5 Indagine di laboratorio (da "Il Calcestruzzo Vulnerabile: Prevenzione, Diagnosi del Degrado e Restauro", Ed. Tintoretto, Villorba 2004).

Il Servizio Tecnico Grigolin è disponibile ad assistere i clienti durante questa importante fase di diagnosi e a lavorare con loro per identificare la soluzione ottimale.

Fig. 6



> Nel restauro delle opere in c.a. comunque degradate, occorre sempre tener conto dei seguenti parametri per conseguire un intervento di successo mediante l'impiego di malte cementizie premiscelate:

- classe di esposizione
- tecnologia applicativa
- aderenza al calcestruzzo originale

DALLA DIAGNOSI AL RESTAURO

classe di esposizione	tipo di aggressione
XC1 ÷ XC4	carbonatazione
XS1 ÷ XS3	acqua di mare
XD1 ÷ XD3	cloruri industriali
XF1 ÷ XF4	gelo/disgelo
XA1 ÷ XA3	attacco chimico

Tabella 1 - Classe di esposizione in funzione del tipo di aggressione.

> **Tecnologia applicativa:** i requisiti in base ai quali la malta da restauro deve essere applicata dipendono molto dallo spessore da ripristinare, dalla densità dei ferri di armatura originali e di quelli integrativi. In ogni caso, prima di applicare la malta, qualunque sia la tecnica applicativa, occorre preparare adeguatamente il substrato con le seguenti operazioni: rimozione del calcestruzzo ammalorato desunto dalla diagnosi, irruvidimento della superficie per favorire l'adesione della malta da restauro (creare un'asperità minima di 5 mm) e saturazione con acqua del sottofondo (rimuovendo l'acqua libera stagnante) per impedire la sottrazione di acqua dal sottofondo insaturo alla malta fresca. Dopo queste operazioni preliminari, due sono le tecnologie applicative che si ripercuotono sulla composizione della malta: a spruzzo/cazzuola e per colaggio. In linea di massima per spessori ridotti a

> **Classe di esposizione:** come è noto, nella progettazione delle opere in calcestruzzo armato occorre tener conto della categoria ambientale alla quale l'opera è esposta, detta appunto classe di esposizione, per la scelta del calcestruzzo durabile in questo ambiente. Così anche nella progettazione del restauro, sulla base della diagnosi del degrado, si dovrà tener conto della classe di esposizione affinché, dopo il restauro, l'opera non abbia a subire nuovamente lo stesso degrado. Secondo la norma UNI EN 206-1 (che definisce i requisiti prestazionali per la produzione del calcestruzzo durabile) esistono cinque diverse classi d'esposizione in funzione del tipo d'aggressione alle quali l'opera in calcestruzzo dovrà essere esposta (Tabella 1). Le classi di esposizione sono identificate da un codice alfa-numerico contrassegnato da X seguito da una lettera (C, S, D, F, A) che dipende dal tipo di aggressione e da un numero che cresce da 1 a 4, o da 1 a 3, con la intensità dell'aggressione. E' evidente che la malta scelta per il restauro deve essere capace di resistere allo specifico attacco al quale la struttura in c.a. originale era e rimane esposta.

qualche centimetro (< 5 cm) la tecnica dello spruzzo con macchina intonacatrice (o manualmente a cazzuola) è quella preferita se non addirittura necessaria: per questa tecnica si richiede una **malta tixotropica** caratterizzata da una grande scorrevolezza in movimento (nella fase dell'applicazione), e da una grande coesione e viscosità in stato di riposo, una volta proiettata, per aderire alla parete o alla volta della struttura (Fig. 7).

Per spessori maggiori va presa in considerazione la tecnica basata sull'applicazione di una **malta colabile**, cioè molto fluida per essere gettata nella intercapedine tra il calcestruzzo originale e la cassaforma montata intorno alla struttura: questa tecnica richiede che l'estremità del tubo della pompa, da cui fluisce la malta, possa essere allocata nella zona da riempire in modo da consolidare la struttura senza vibrazioni (Fig. 8).



Fig. 7 Applicazione della malta tixotropica a spruzzo



Fig. 8 Getto entro cassero di una malta colabile (da "Il Calcestruzzo Vulnerabile: Prevenzione, Diagnosi del Degrado e Restauro", Ed. Tintoretto, Villorba 2004).

Per ottenere queste prestazioni la consistenza della malta miscelata dovrebbe consentire un valore di spandimento > 200 mm secondo la norma UNI EN 1015-3 (senza alcuna scossa della tavola). Per quanto

riguarda gli spessori di applicazione delle malte, vale la pena ricordare che la norma UNI-EN 206 specifica che, per ottenere una durabilità di almeno 50 anni della struttura, deve essere garantito un copriferro (rispetto

all'armatura originale e/o a quella integrativa) di almeno 40 mm per armature lente e 50 mm per armature tese. Anche questa indicazione dovrebbe quindi rientrare nei requisiti di durabilità del progetto di restauro.

> Aderenza al calcestruzzo originale: normalmente le malte a base cementizia, indipendentemente dalla tecnologia applicativa, presentano l'inconveniente del ritiro igrometrico a causa del quale esse subiscono una contrazione differenziale rispetto al calcestruzzo originale, nel quale questa contrazione oramai è quasi completamente scontata. Una corretta malta da restauro deve, invece, ovviare a questo inconveniente e garantire una perfetta adesione al supporto. Ciò avviene grazie all'assenza di ritiro igrometrico nella malta da restauro anche in condizioni climatiche che favoriscono l'asciugamento della malta e quindi il suo ritiro (bassa umidità relativa, elevata ventilazione ed irraggiamento solare). La Fig. 9 mostra schematicamente il distacco di una malta normale rispetto al substrato in calcestruzzo da restaurare dovuto appunto al suo ritiro. La Fig. 10 illustra come invece deve comportarsi una corretta malta da restauro per rimanere permanentemente aderente al sottofondo in calcestruzzo mantenendo la monoliticità della struttura.

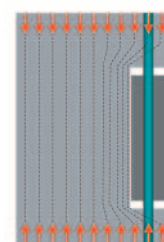


Fig. 9 Distacco di una malta per ritiro provocato da carenza stagionatura umida

fessurazioni da ritiro

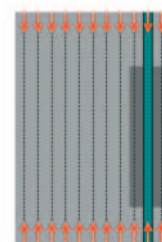


Fig. 10 Malta Galileo che non ritira anche in assenza di stagionatura umida

Val la pena di precisare che l'assenza di ritiro in una malta da restauro viene determinata misurando, secondo la norma UNI 8147, l'espansione di un provino armato messo permanentemente sotto acqua dal momento della sua presa (qualche ora). In queste condizioni si registra sempre un allungamento del provino, anche se confezionato con malte normali, a causa del rigonfiamento per l'ingresso nella malta dell'acqua di contatto. Pertanto, se come avviene quasi sempre nell'applicazione reale, la malta non viene permanentemente bagnata si registra di fatto un ritiro nelle condizioni

reali (insature di vapore) anche se nella prova UNI 8147 si è verificata teoricamente un'espansione. Per ovviare a questa discrepanza (tra i risultati teorici della prova secondo UNI 8147 ed i risultati dell'applicazione reale) occorre, attraverso una prova UNI 8147 modificata, conservare i provini nelle stesse condizioni dell'applicazione reale: **a)** con una protezione dall'evaporazione tramite una pellicola protettiva che viene rimossa dopo 1 giorno, per simulare l'applicazione reale per collaggio e la successiva conservazione entro casseri della malta per 1 giorno; **b)** con l'esposizione permanente all'aria

(UR = 65%), per simulare l'applicazione a spruzzo della malte tixotropiche cui non segue alcun trattamento protettivo. Solo registrando le variazioni dimensionali in queste condizioni si possono distinguere malte da restauro efficacemente espansive (e capaci di instaurare una situazione quale è quella illustrata in Fig. 10 anche in assenza di bagnatura) da malte da restauro assolutamente utopiche nel senso che nella realtà dei cantieri, dove non si bagnano le superfici delle malte applicate, questi materiali subiranno inevitabilmente la sorte della struttura illustrata nella Fig. 9.

> Anche la resistenza meccanica della malte è un parametro importante nel senso che non necessariamente deve raggiungere valori elevatissimi ma valori specifici per tipologia di restauro. I valori di resistenza meccanica a compressione a 28 giorni normalmente devono essere compresi tra 45 MPa (per strutture esposte all'aria – classe XC) e 60 MPa (per strutture esposte ad acque o terreni aggressivi – classe XA). Questi valori sono scelti in funzione della durabilità che debbono garantire di volta in volta: nelle strutture in c.a. danneggiate dai cicli di gelo-disgelo, per esempio, la malta deve garantire un sistema di microbolle di aria (200-300 µm di diametro) che salvaguardano le strutture riparate dal nuovo danneggiamento provocato dall'azione dirompente della formazione di ghiaccio; d'altra parte il basso rapporto a/c adottato (0,45) garantisce una matrice cementizia impermeabile alla diffusione dei sali disgelanti e della anidride carbonica dell'aria attraverso il copriferro. I valori di resistenza meccanica entro i limiti sopra precisati sono una garanzia di basso modulo elastico e quindi di malte meno rigide e fessurabili di quelle dotate di altissime resistenze meccaniche (80-90 MPa) che spesso maldestramente vengono utilizzate nel restauro delle opere in c.a. degradate pur non essendocene l'esigenza specifica.

> **La linea delle malte da restauro** per calcestruzzo, denominata **GALILEO**, della Fornaci Calce Grigolin, tiene in considerazione i requisiti indicati **dai tre parametri fondamentali** elencati in precedenza, **classe di esposizione, tecnologia applicativa ed aderenza al calcestruzzo originale.**

TECNICA APPLICATIVA				
		a spruzzo o manuale con cazzuola	colaggio in cassero	rasatura a cazzuola e frattazzo
ambiente di esposizione	tipo di aggressione	degrado medio 1-5 cm*	degrado profondo 5-10 cm**	rasatura millimetrica 1-3 mm
XC1 ÷ XC4	carbonatazione	GALILEO Tixo XC	GALILEO Grout XC	GALILEO Rasatura
XS1 ÷ XS3	acqua di mare	GALILEO Tixo XS	GALILEO Grout XS	GALILEO Rasatura
XD1 ÷ XD3	cloruri industriali	GALILEO Tixo XS	GALILEO Grout XS	GALILEO Rasatura
XF1 ÷ XF4	gelo - disgelo	GALILEO Tixo XF	GALILEO Grout XF	GALILEO Rasatura
XA1 ÷ XA3	attacco chimico	GALILEO Tixo XA	GALILEO Grout XA	GALILEO Rasatura

(*) Per spessori 3 - 5 cm può anche essere usata la tecnica del colaggio utilizzando il prodotto GALILEO della serie Grout

(**) Se il colaggio non avviene in cassero ma ad esempio su supporti orizzontali con ampia superficie all'aria, le malte GALILEO Grout devono essere miscelate con l'aggiunta del 30% in peso di Ghiaio pisello della linea Inerti Fornaci Calce Grigolin spa

LE MALTE GALILEO



Le quattro versioni delle malte, **GALILEO XC GALILEO XS GALILEO XF GALILEO XA**, hanno caratteristiche specifiche di resistenza alle categorie ambientali della norma UNI EN 206-1. Sono tutte disponibili sia nella versione Tixo (applicazioni a spruzzo e/o cazzuola) sia nella versione Grout (applicazione in cassero) per poter essere messe in opera secondo la tecnologia più indicata.

GALILEO XC (versioni Tixo e Grout)

Malte senza ritiro per il restauro di strutture in calcestruzzo armato esposte all'aria

Rapporto acqua/legante*	≤ 0,50
Espansione contrastata con maturazione all'aria UNI 8147 modificata (dopo 1 giorno)	> 0,05% (Tixo) > 0,09% (Grout)
Profondità di carbonatazione UNI 9944	non misurabile**



GALILEO XS (versioni Tixo e Grout)

Malte senza ritiro per il restauro di strutture in calcestruzzo armato esposte all'ambiente marino o industriale con presenza di cloruri

Rapporto acqua/legante*	≤ 0,45
Espansione contrastata con maturazione all'aria UNI 8147 modificata (dopo 1 giorno)	> 0,07%
Profondità di carbonatazione UNI 9944	non misurabile**
Penetrazione del cloruro (x) in funzione del tempo (t)	$x = Kt^{1/2}$ con $K < 4 \text{ mm} \times \text{anno}^{-1/2}$



GALILEO XF (versioni Tixo e Grout)

Malte senza ritiro per il restauro di strutture in calcestruzzo armato esposte ai cicli di gelo-disgelo ed ai sali disgelanti (a base di cloruri)

Rapporto acqua/legante*	≤ 0,45
Espansione contrastata con maturazione all'aria UNI 8147 modificata (dopo 1 giorno)	> 0,05%
Profondità di carbonatazione UNI 9944	non misurabile**
Aria (% in vol.)	> 5% (Tixo) > 7% (Grout)
Resistenza ai cicli gelo/disgelo (fattore di durabilità %)	> 90
Penetrazione del cloruro (x) in funzione del tempo (t)	$x = Kt^{1/2}$ con $K < 4 \text{ mm} \times \text{anno}^{-1/2}$



GALILEO XA (versioni Tixo e Grout)

Malte senza ritiro per il restauro di strutture in calcestruzzo armato esposte ad acque o terreni aggressivi per la presenza di sali solfatici, ammoniacali e magnesiaci

Rapporto acqua/legante*	≤ 0,45
Espansione contrastata con maturazione all'aria UNI 8147 modificata (dopo 1 giorno)	> 0,07%
Profondità di carbonatazione UNI 9944	non misurabile**
Penetrazione del solfato mediante diffrazione dei raggi x	non misurabile**



* in base al quantitativo d'acqua indicato in scheda tecnica

** nei tempi previsti dal test, la malta non è risultata penetrabile dall'aggressivo specifico.

GALILEO Rasatura

Malta cementizia polimerica monocomponente per rasature da 1 a 3 mm particolarmente indicata per regolarizzare le superfici restaurate con le zone limitrofe

Adesione al supporto	> 3 MPa
Modulo elastico UNI 6556	> 15.000 MPa



> **Le malte GALILEO sono** tutte caratterizzate da un comportamento espansivo non solo in presenza di acqua (come richiesto dalla norma UNI 8147) ma anche in assenza di acqua come avviene nelle misure secondo la UNI 8147 modificata in congruenza con le condizioni reali del cantiere.

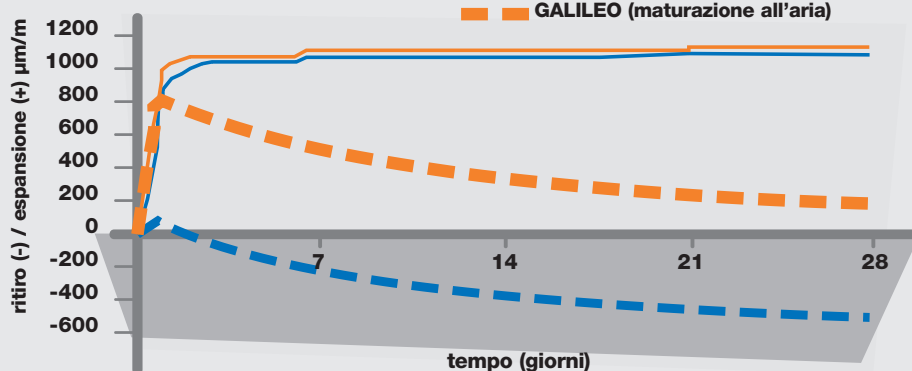
Combinando la resistenza

meccanica a trazione (R_t) della malta da ripristino con il suo modulo elastico (E), in base alla legge di Hooke si ricava il valore del ritiro igrometrico che provocherebbe la fessurazione della malta. Ad esempio nel caso specifico di una malta che ad 1 giorno ha un rapporto tra R_t (2 MPa) ed E (15.000

MPa) pari a 130×10^{-6} , cioè $130 \mu\text{m}/\text{m}$ (0,013 %), sarebbe quindi sufficiente un ritiro superiore a $130 \mu\text{m}/\text{m}$ per innescare una sollecitazione di trazione capace di provocare la sua

fessurazione. Tutte le malte GALILEO, non solo non ritirano, ma presentano un'espansione anche in assenza di stagionatura umida.

CONFRONTO TRA GALILEO E MALTE "ANTIRITIRO" TRADIZIONALI



ESECUZIONE DEL RESTAURO



1

Preparazione del supporto

(Fig. 1) Occorre innanzitutto asportare il calcestruzzo ammalorato (quantificato nello spessore in seguito alla diagnosi effettuata sull'opera) mediante idroscarifica (2000/3000 atm - 12/18 litri) o picchettatura meccanica/manuale. La superficie così preparata dovrà avere una ruvidità di circa 5 mm ed i ferri di armatura esistenti dovranno essere puliti dalla ruggine. Dovrà essere inoltre valutato se sia necessario predisporre ferri di armatura integrativi nel caso in cui le armature originarie siano fortemente corrose. E' necessario saturare la superficie con acqua prima di procedere con l'applicazione della malta.

> L'esecuzione del restauro include la preparazione del supporto, la miscelazione della malta e la sua applicazione.



2

Miscelazione della malta

(Fig. 2) La miscelazione può essere effettuata in betoniera o intonacatrice fino ad ottenere un impasto omogeneo e privo di grumi (5 ÷ 10 min). Le malte GALILEO vanno mescolate con acqua, in misura di 18/19 litri per 100 kg di prodotto (ca. 4,5 litri ogni sacco



3

da 25 kg) in modo da ottenere una malta tixotropica con uno spandimento del 70% (Fig. 3) nella tavola a scosse con 15 colpi (versioni Tixo) o autolivellante con uno spandimento del 150% nella tavola a scosse senza colpi (versioni Grout).



Applicazione della malta

Le malte GALILEO possono essere applicate a mano o a spruzzo (versioni Tixo) (Fig. 4-5) in spessori da 1 a 5 cm o per colaggio in cassero (versioni Grout) (Fig. 6) in spessori fino a 10 cm; se lo spessore di applicazione è

superiore a 2 cm occorre posizionare preventivamente una rete di contrasto elettrosaldata (Fig. 7) avendo cura di staccarla dal supporto per almeno 1 cm e di garantire un copriferro di almeno 2 cm.



(Fig. 8) Quando la superficie della malta si presenta sufficientemente compatta ("fuori tatto"), occorre eseguire la frattazzatura (versioni Tixo).

(Fig. 9) La superficie riparata può essere successivamente rasata e/o uniformata con il calcestruzzo limitrofo tramite l'applicazione di GALILEO Rasatura finita con il frattazzo di spugna (Fig. 10).

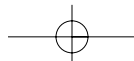
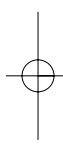
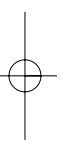


Note importanti

Le malte GALILEO devono essere applicate ad una temperatura ambiente minima di 5°C; nel caso di temperature basse (5°C ÷ 10°C) è comunque opportuno miscelare il materiale con acqua tiepida (30°C ÷ 40°C). Viceversa, con temperature ambientali alte, si consiglia di effettuare l'impasto con acqua fredda.

I VANTAGGI DELLA LINEA GALILEO

- 1.** Migliore resistenza alle diverse classi di esposizione (malte specificatamente formulate per tipologia di aggressione)
- 2.** Assenza di ritiro anche all'aria (condizioni reali di cantiere)
- 3.** Applicazione e maturazione delle malte semplificate (maggior garanzia della buona riuscita del ripristino)
- 4.** Ripristino omogeneo e monolitico con il supporto originale (osservanza della norma UNI EN 206)
- 5.** Ottimizzazione dei costi e prolungata vita del ripristino (migliore conservazione dell'opera)





Fornaci Calce Grigolin spa

Sede amministrativa

Via IV Novembre 18
31010 Ponte della Priula TV Italy
T 0438 4461 - F 0438 445110

Stabilimenti di produzione

Ponte della Priula TV - Via Bombardieri 14
T 0438 4465 - F 0438 446497/50

Medesano PR - Località Ramiola Via Solferino
T 0525 415110 - F 0525 404374

Bosco Marengo AL - Via Vecchia Reale Z.I.
T 0131 298471 - F 0131 298464

Codevilla PV - Via Strada Voghera-Genestrello
T 0383 73596 - F 0383 73596

Colleferro ROMA - Località Piombinara
T 06 97201014 - F 06 97201048

Borgoricco PD - Via dell'Industria 7/A
T 049 9335769 - F 049 9338315

Siemensstrasse 26
D 76275 Ettlingen/Karlsruhe
T +49 7243 71560 - F +49 7243 715690

info@fornacigrigolin.it
www.gruppogrigin.com

La forza di un Gruppo

Oltre 40 anni di esperienza nel campo dell'edilizia, la vocazione alla specializzazione e la ricerca della qualità ad ogni livello hanno fatto del Gruppo Grigolin un punto di riferimento importante per il settore delle costruzioni.



Gruppo Grigolin