

**POLITECNICO DI MILANO**  
Scuola di Ingegneria Edile-Architettura  
Corso di Laurea in Ingegneria dei Sistemi Edilizi



**Mitigare il disagio abitativo nei paesi dell'America Latina:  
proposta di linee guida per la auto-costruzione di abitazioni  
a Bogotá, in Colombia**

Relatore: Prof.ssa Angela S. PAVESI  
Correlatore: Prof. Liberato FERRARA

Tesi di Laurea Magistrale di:  
Laura AMAYA PAEZ matr. n. 779635  
Nicola ZOEDDU matr. n. 787051



Mitigare il disagio abitativo nei paesi dell'America Latina:  
Proposta di linee guida per la auto-costruzione di abitazioni a Bogotá, in Colombia

---

<i>Abstract</i>	5
<i>Introduzione</i>	6
<i>CAPITOLO 1 - LA SITUAZIONE DEL DISAGIO ABITATIVO NELLE GRANDI CITTÀ DELL'AMERICA LATINA</i>	9
1.1.    Analisi dei motivi del degrado sociale e abitativo in Sudamerica	9
1.2.    Evoluzione e trasformazione delle grandi città	9
1.3.    Evoluzione del deficit abitativo in relazione alla crescita demografica	11
1.4.    Situazione attuale sociale e abitativa	12
<i>CAPITOLO 2 - ANALISI STORICA DEL DISAGIO ABITATIVO IN COLOMBIA</i>	15
2.1.    Analisi del contesto storico sociale e politico della Colombia	15
2.2.    Sviluppo incontrollato del territorio, evoluzione, trasformazione delle principali città colombiane	16
2.2.1.  Il processo di crescita della città di Bogotá	17
2.2.2.  Esempi di auto-costruzione guidata nello sviluppo della città	21
2.3.    Programmi di cooperazione internazionale in Sudamerica e Colombia	28
2.3.1.  Descrizione di progetti di cooperazione realizzati	30
<i>CAPITOLO 3 - ANALISI DEL DISAGGIO ABITATIVO ATTUALE E POLITICHE DI HOUSING IN COLOMBIA</i>	37
3.1.    Situazione abitativa attuale: il caso di Bogotá	38
3.2. <i>Urban squatters and slums</i> : due sviluppi diversi di insediamenti esistenti	40
3.3.    Programmi governativi di social housing	41
3.3.1.  100 mil viviendas gratis	41
3.3.2.  Sussidi	42
<i>CAPITOLO 4 - PROPOSTA COSTRUTTIVA PER LA AUTO-COSTRUZIONE</i>	43
Introduzione	43
4.1.    Tecnologie costruttive impiegate nelle auto-costruzioni	44
4.2.    Studio ed esempi pratici delle diverse tecnologie costruttive	44
4.2.1.  Abitazioni realizzate con materiali riciclabili	45
4.2.2.  Sistema con le balle di paglia	46
4.2.3.  Sistema costruttivo in legno	48
4.2.4.  Sistema in muratura armata	49
4.3.    Spunti di progetto (descrizione delle baraccopoli a Bogotá)	50
4.4.    Descrizione del progetto	63
4.4.1.  Progressività e flessibilità	64
4.5.    Comportamento della Muratura Armata	65
4.5.1.  Comportamento a compressione	67
4.5.2.  Resistenza della muratura a compressione e taglio	68
4.5.3.  Comportamento a trazione	69
4.5.4.  Resistenza a trazione diretta	69
4.5.5.  Resistenza a trazione per flessione	70
4.6.    Materiali	70
4.6.1.  Mattone strutturale cellulare	71
4.6.2.  Malta di allettamento	72
4.6.3.  Calcestruzzo di riempimento	74

---

4.6.4. Armatura di rinforzo	74
4.7. Descrizione del Sistema Strutturale	76
4.7.1. Caso 1 : modulo singolo	76
4.7.2. Caso 2 : 4 moduli collegati	78
4.8. Analisi dei carichi	80
4.8.1. Carichi permanenti	80
4.8.2. Azione del vento	83
4.8.3. Azione sismica	86
4.9. Armatura	97
4.10. Analisi Strutturale	99
4.10.1. Verifiche a Pressoflessione e Taglio	101
4.11. Analisi Strutturale: Calcolo del solaio	107
4.13.1. Analisi delle sollecitazioni del modulo singolo	108
4.13.2. Verifiche di esercizio	109
4.13.3. Verifiche allo stato limite ultimo	110
4.13.4. Analisi delle sollecitazioni del modulo doppio	111
4.13.5. Verifiche allo stato limite ultimo	116
4.13.6. Verifiche al taglio	118
<i>CAPITOLO 5 – LINEE GUIDA PER UN PROGETTO DI AUCOSTRUZIONE</i>	<i>119</i>
5.1. Progettazione della Struttura	119
5.2. Utensili da impiegare	123
5.3. Preparazione della malta	129
5.4. Preparazione del calcestruzzo	131
5.5. Modalità esecutive delle fondazioni	135
5.6. Realizzazione dei muri portanti	138
5.7. Realizzazione del solaio	149
5.8. Fasi finali	156
5.9. Organizzazione degli spazi	157
<i>Conclusioni</i>	<i>159</i>
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	<i>161</i>

### *Abstract*

Il presente elaborato è nato con l'intento di fornire una proposta per la costruzione di abitazioni nelle baraccopoli in Colombia tramite l'auto-costruzione guidata.

La tesi si divide in due parti: la prima parte inquadra, dal punto di vista generale, il tema dell'emergenza abitativa in Colombia; la seconda parte presenta l'elaborazione di una soluzione operativa, proposta per mitigare il disagio abitativo nei contesti di auto-costruzione.

#### Parte prima

Il lavoro inizia con un breve inquadramento dell'attuale disagio abitativo in Colombia, a Bogotá, a partire dalla ricerca delle cause storiche che lo hanno determinato. Successivamente vengono descritte le politiche per l'affordable housing in Colombia ed i programmi di cooperazione internazionale attuati nell'ultimo decennio.

#### Parte seconda

Nella seconda parte, dopo aver analizzato diverse soluzioni progettuali e tecniche costruttive, qualitativamente ed economicamente vantaggiose per i colombiani e rispettose delle normative nazionali, è stata proposta la progettazione di una abitazione progressiva e flessibile su tre piani in muratura armata.

La trattazione in questa fase si riporta su un piano tecnico ed ingegneristico per affrontare il tema dell'analisi strutturale della abitazione in una zona sismica bassa ed intermedia. Sono infine presentate delle tavole descrittive del sistema strutturale adottato sulle quali vengono riportate le descrizioni delle varie fasi di lavorazione, in modo da consegnare alle comunità locali, un progetto che possa essere letto e compreso anche dai non addetti ai lavori.

---

## *Introduzione*

L'obiettivo della tesi è fornire delle linee guida per l'esecuzione guidata di abitazioni auto-costruite e presentare la relazione di calcolo per la costruzione di case in muratura armata. Il progetto è rivolto in particolare agli abitanti di Bogotá (Colombia) con il reddito più basso nella scala sociale che, vivendo in condizioni di estrema povertà, sono costretti ad auto-costruire la propria abitazione.

La storia della Colombia documenta una sempre più crescente necessità di auto-costruzione ed è a partire da questo contesto che si sviluppa il presente elaborato. Ad un esame preliminare della situazione sociale e politica del Paese è seguito uno studio sulle possibilità concrete di realizzare il progetto proposto, sia in termini di materiale che in termini di costi.

Le linee guida ed il progetto completo sono esposte in modo che qualunque persona senza conoscenze tecniche e competenze specifiche nel campo delle costruzioni, sia potenzialmente in grado di costruire la propria abitazione in condizioni di sicurezza e con dei risultati dignitosi.

E' doveroso precisare che la presente tesi non intende imporre una tipologia di progetto tale da poter eliminare il problema delle baraccopoli, in quanto sarebbe obiettivamente utopistico pensare di poter risolvere tutto con una buona progettazione; ci si è però resi conto che una ingegnerizzazione del problema (a livello strutturale e gestionale) può certamente essere utile ad arginare il problema della sicurezza e a controllare la qualità di realizzazione, nel momento in cui vengano seguiti i principi base proposti.

Per autocostruzione si intende il processo edilizio tramite il quale le persone si costruiscono una parte della propria casa o la costruiscono interamente. In questo modo il costo della manodopera viene interamente annullato ed occorre provvedere esclusivamente all'approvvigionamento dei materiali da costruzione. Quando si parla di autocostruzione, non si vuole descrivere il solo concetto costruttivo, ma si vuole trattare l'argomento in modo più ampio, tanto da considerare anche i valori di solidarietà e di condivisione alla base degli sforzi di un nucleo familiare o di una comunità locale. Si innescano processi di vicinanza e collaborazione tra persone che si trovano nella stessa condizione sociale ed economica; questo processo infonde un forte senso di appartenenza territoriale e consente di far avere abitazioni anche a quelle persone che non potrebbero averle.

Il primo capitolo descrive il problema del disagio abitativo in Sudamerica; vengono analizzati i motivi di questa condizione sociale e si illustrano, dopo una breve trattazione storica, gli aspetti che hanno portato all'evoluzione ed alla trasformazione delle principali città sudamericane. Si procede quindi con la analisi della situazione abitativa attuale in relazione con il contesto sociale, politico ed economico in cui il tessuto urbanistico si impronta.

Il secondo capitolo è focalizzato sullo studio del disagio abitativo in Colombia ed è suddiviso in tre parti distinte. La prima parte è incentrata sull'analisi generale del contesto colombiano, in cui si descrivono la situazione storica e le politiche attuali; sui problemi sociali e politici che hanno portato all'evoluzione delle principali città colombiane. La seconda parte descrive lo sviluppo incontrollato del territorio, facendo un racconto storico del processo di crescita della città di Bogotá e la sua trasformazione parallelamente alle politiche dei rispettivi governi. Infine descrive i principali quartieri progettati con la tecnica della auto costruzione guidata. La terza parte descrive le associazioni, i programmi ed i progetti che sono stati sviluppati e conclusi positivamente da parte di associazioni governative e non governative, e/o associazioni private e statali per risolvere il problema del disagio abitativo.

Nel terzo capitolo è incentrato sull'analisi attuale del degrado sociale ed abitativo del Paese, descrive la città dal punto di vista geopolitico e in merito alla situazione abitativa attuale ed al suo sviluppo urbano. Dopo una breve descrizione dei programmi governativi di social housing, si fa un esame delle diverse tecnologie costruttive impiegate segue l'analisi degli edifici attualmente presenti.

Nel quarto capitolo si presenta il progetto di auto-costruzione guidata di una abitazione composta su tre piani fuori terra nella sua fase finale. Si analizzano diverse tipologie di abitazioni in modo da poter abbracciare il maggior numero possibile di nuclei familiari. Nel quarto capitolo la seconda parte è dedicata all'analisi strutturale; dopo aver descritto nel dettaglio l'abitazione si procede con l'analisi dei carichi (verticali ed orizzontali) e le analisi sismiche che agiscono sulla struttura e si effettuano le verifiche opportune.

Nel quinto capitolo vengono fornite le linee guida per l'auto-costruzione. Si tratta principalmente di una serie di "istruzioni" che costituiscono nel loro insieme, una sorta di "manuale per l'auto-costruzione".





## ***CAPITOLO 1 - LA SITUAZIONE DEL DISAGIO ABITATIVO NELLE GRANDI CITTÀ DELL'AMERICA LATINA***

### **1.1. Analisi dei motivi del degrado sociale e abitativo in Sudamerica**

Diversi eventi storici hanno portato le città dell'America Latina ad essere quelle con i più alti tassi di urbanizzazione nel mondo. Le strategie inefficaci e la mancanza di controllo da parte dei governi, unite all'incapacità da parte del mercato di fornire una offerta adeguata di abitazioni e territori, ha portato ad uno sviluppo incontrollato delle principali città. Nonostante gli insediamenti urbani in Sudamerica si stiano sempre più sviluppando come delle baraccopoli, queste sono di fatto l'alternativa o l'unica possibilità di rifugio per milioni di poveri in tutto il Sudamerica.

Scarsità di risorse e mezzi, forte crescita demografica, conflitti interni e conflitti con altre nazioni, hanno contribuito ad alimentare la crisi ed i problemi sociali.

### **1.2. Evoluzione e trasformazione delle grandi città**

Nel lasso di tempo che va dal sedicesimo secolo fino ai primi decenni del 1900, tutti i paesi dell'America Latina dipendevano principalmente dall'esportazione di prodotti ricavati dall'attività mineraria o dall'agricoltura per sostenere la loro economia. Nel corso del ventesimo secolo, l'America Latina ha sofferto e subito gravi crisi finanziarie originate da scontri politici e guerre civili; da alti livelli di corruzione e da una forte dipendenza economica e commerciale dagli Stati Uniti (e non solo), che hanno a loro volta contribuito ad aggravare questa situazione.

La prima trasformazione delle città sudamericane si avvertì con l'ondata migratoria avvenuta tra il 1890 e il 1930, che si sviluppò maggiormente in paesi come Argentina, Brasile, Uruguay e Venezuela. La seconda trasformazione fu dovuta alla migrazione interna delle persone che dalle zone rurali si spostavano verso il centro città alla ricerca di una migliore condizione economica e sociale.

Questo processo di migrazione trova le fondamenta nel passato, ma ha avuto una crescita esponenziale dopo la rivoluzione industriale del XX secolo. Sebbene l'industrializzazione abbia permesso uno sviluppo economico, questo processo è stato, col senno di poi, troppo lento rispetto alla crescita demografica dei centri abitativi:

- Nel 1950 solo Argentina, Cile, Cuba e Uruguay avevano una maggiore percentuale di popolazione urbana rispetto a quella rurale.
- Intorno al 1960 poco meno della metà di tutti i sudamericani abitava nelle città. Negli anni '60 il deficit abitazioni-famiglie ha comportato l'inizio del fenomeno dell'auto-costruzione; ci fu una incontrollata occupazione popolare di lotti urbani o di periferia. Si vide in questo periodo una prima trasformazione delle città più grandi del Sudamerica, un'espansione a livello territoriale ed un preoccupante disordine urbanistico generato dall'invasione delle baraccopoli.
- Parallelamente, una serie di associazioni e professionisti si mobilitarono per tentare di arginare il fenomeno della nascita degli insediamenti informali, con la realizzazione di programmi e progetti improntati sul recupero sociale.
- Gli anni '80 e '90 in Sudamerica furono caratterizzati dal processo di migrazione interna verso i Paesi più stabili economicamente. Gli Stati coinvolti da questa migrazione sono stati in particolare Argentina, Brasile, Costa Rica e Venezuela. Il tasso di crescita demografica delle città più grandi, intanto continuava ad essere sempre più elevato.
- Negli anni '90 gli sforzi degli stati sudamericani si sono concentrati verso una serie di azioni governative concentrate in particolar modo sull'organizzazione delle condizioni utili alle famiglie per soddisfare le esigenze abitative gestite dai mercati privati. Gli Stati hanno delegato a società private la gestione della costruzione di abitazioni/quartieri, in modo da rivolgere la propria attenzione alla stesura di normative urbanistiche e alla concessione di finanziamenti alle famiglie che non possedevano un reddito sufficiente per poter accedere alle abitazioni costruite da imprese private.

Questo modello ha prodotto buoni risultati in Cile e Costa Rica, mentre in Colombia ha avuto un impatto positivo solo su alcuni mercati immobiliari.

- Dalla fine degli anni '90 fino al termine del primo decennio del ventunesimo secolo si è registrato un comportamento molto instabile nel settore edilizio delle città sudamericane, in quanto si sono trascinati i problemi degli anni precedenti. Non solo sono aumentate le richieste degli alloggi, ma è aumentato il degrado di quelli presenti essendo peggiorato il reddito delle famiglie. La conseguenza di questa situazione è evidente anche oggi infatti si avverte una grossa diversità sociale.

### **1.3. Evoluzione del deficit abitativo in relazione alla crescita demografica**

Per disagio abitativo si intende quello specifico fenomeno che fa riferimento a condizioni di carenza sia quantitativa che qualitativa degli alloggi. I fattori che concorrono a creare questa situazione sono principalmente legati alle condizioni sociali delle persone che occupano gli alloggi ed alle loro caratteristiche tecnologiche ed edilizie come: la densità di persone residenti nella singola abitazione, la distribuzione degli spazi, i servizi igienici disponibili, lo stato di realizzazione e manutenzione delle strutture.

In America Latina, a differenza dei paesi europei, il disagio abitativo non è legato solo alla crescita della classe lavoratrice, ma principalmente alla migrazione. Lo sviluppo non è avvenuto come in Europa dove la crescita economica ha rafforzato le condizioni sia della popolazione urbana che di quella rurale.

La possibilità di lavoro salariato delle zone rurali è venuta gradualmente a ridursi e questo ha portato alla progressiva migrazione sia verso nazioni vicine più ricche, che verso le città più urbanizzate del Paese in cerca di opportunità lavorative. Le grandi città hanno visto aumentare esponenzialmente il numero di residenti, senza però essere in grado di assorbire le persone venute dalle campagne all'interno del processo produttivo così da creare una forte disoccupazione.

Questo improvviso aumento non è stato supportato da una altrettanto rapida ed efficace programmazione del territorio. Le alternative del governo non erano sufficienti per coprire la popolazione totale, in quanto era più lento il processo di produzione di nuovi alloggi rispetto alla richiesta e quindi al processo di aumento demografico.

Il problema abitativo è strettamente connesso con l'aumento della popolazione; i governi sudamericani non sono riusciti a soddisfare completamente tale richiesta abitativa. I motivi possono essere svariati: assenza di risorse, scarsa disponibilità economica per realizzare nuove infrastrutture, accumulo progressivo di problemi direttamente connessi alle guerre ed infine i governi non sono stati lungimiranti e probabilmente hanno in parte sottovalutato il problema.

#### **1.4. Situazione attuale sociale e abitativa**

Uno dei fattori determinanti dei problemi abitativi ed ambientali in Sudamerica deriva dalla fortissima crescita demografica. I paesi in via di sviluppo rappresentano i tre quarti dell'intera popolazione mondiale; si è visto un incremento demografico da 217milioni nel 1960 a 580milioni di persone nel 2010.

La crescita demografica di questi paesi è dovuta ad una diminuzione delle malattie mortali, una maggiore educazione sociale e quindi una maggiore prevenzione.

Il problema abitativo coinvolge attualmente più di un terzo delle famiglie sudamericane e questo provoca importanti ripercussioni sul benessere e la qualità di vita delle persone. Secondo una stima realizzata nel 2009 risulta che tutti i paesi hanno un deficit quantitativo inferiore al 12% tranne la Bolivia (30%), Nicaragua e Guatemala (12%). D'altra parte, Nicaragua, Perù e Guatemala hanno il livello più alto di deficit qualitativo (superiore al 45%).

Occorre rilevare che esistono forti differenze nella diffusione e trasformazione dei deficit abitativi all'interno dei singoli paesi. Alcuni di questi devono risolvere soprattutto deficit quantitativi piuttosto che ridurre quelli qualitativi; altri accusano problemi soprattutto sulla qualità delle abitazioni che si ripercuotono sull'accesso alle infrastrutture.

### Deficit Stimato nel 2009

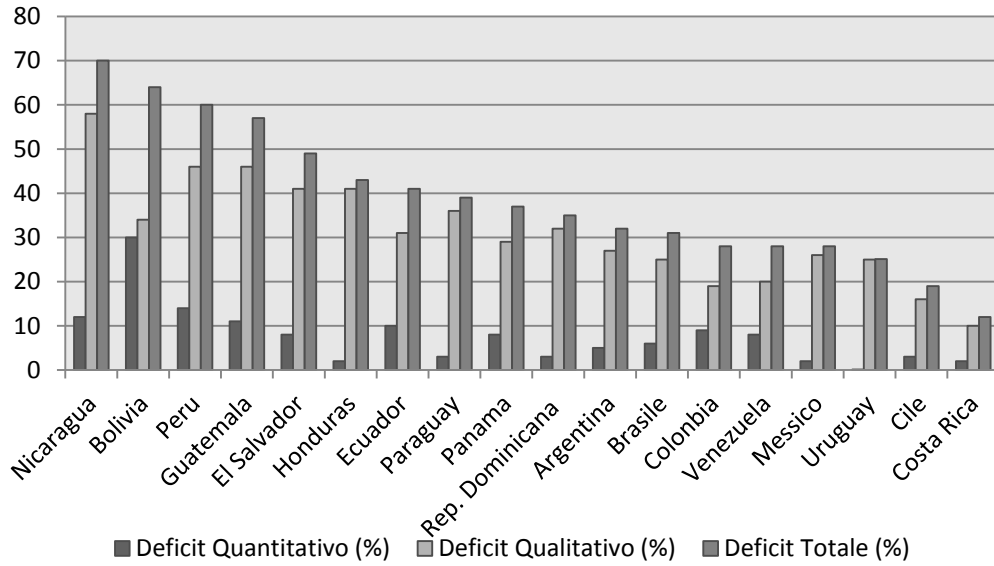


Tabella 1.1 : Andamento del deficit abitativo in Sudamerica



## ***CAPITOLO 2 - ANALISI STORICA DEL DISAGIO ABITATIVO IN COLOMBIA***

Nel presente capitolo verrà fatta una trattazione storica degli eventi che hanno portato un elevato numero di persone ad auto-costruirsi la propria abitazione in maniera abusiva e senza alcun controllo statale. Il capitolo prosegue con la discussione dei programmi di cooperazione internazionale e dei progetti eseguiti con l'intento di arginare il problema.

Si analizzerà la nascita e lo sviluppo dei quartieri informali in Colombia ed in particolare nella città di Bogotá; si prenderanno in esame gli esempi più significativi di quartieri progettati con lo scopo di fornire ai cittadini una serie di progetti definitivi di abitazioni, utili per la costruzione delle proprie abitazioni.

I motivi che portano le famiglie a dover ricorrere a vivere nelle baraccopoli e nelle case auto-costruite sono molteplici: le guerre, le calamità naturali, la disoccupazione, la mancanza di una istruzione adeguata, la ricerca di un migliore tenore di vita. Tutto questo ha portato ad un incremento talmente elevato ed improvviso del numero di persone che si sono insediate nelle aree urbane, da saturarle e far lievitare i costi dei terreni e delle abitazioni in generale. Sempre più persone si sono spinte verso le periferie delle grandi città alla ricerca di terreni dal costo più competitivo; queste persone hanno di fatto costruito la loro casa in maniera autonoma provvedendo ad auto costruirsi l'abitazione e a risparmiare sul costo della manodopera.

Molte organizzazioni si sono proposte di assecondare l'auto-costruzione fornendo dei progetti di abitazioni inserite in quartieri con una organizzazione precisa, in modo da fornire quanto meno un preciso ordine ed un ragionamento urbanistico dietro l'auto-costruzione.

### **2.1. Analisi del contesto storico sociale e politico della Colombia**

La Colombia per via della sua strategica posizione geografica, in mezzo a due oceani, ha assunto nel corso dei secoli una notevole importanza; coi suoi quasi 47 milioni di abitanti, essa è diventata una potenza demografica.

Sul piano politico la Colombia è una Repubblica Presidenziale, che nel corso dei decenni ha dovuto scontrarsi con drammatici conflitti che continuano tutt'oggi ad affliggere il paese; gli scontri sociali ed armati hanno trasformato le relazioni politiche e l'economia interna; tutto ciò ha creato una forte disparità sociale e corruzione che hanno limitato fortemente i diritti umani e la qualità di vita della popolazione colombiana.

Sul piano sociale, la Colombia mostra un notevole divario all'interno della popolazione; la disparità nella distribuzione della ricchezza tra cittadini spicca notevolmente ed in maniera evidente: la grande maggioranza della popolazione vive in condizioni di estrema povertà. Mentre la ricchezza è concentrata in una fetta estremamente ridotta di famiglie.

Date queste premesse non ci si può stupire del fatto che le città colombiane presentino purtroppo una serie di problemi non solo dal punto di vista dell'ordine pubblico, ma anche dal punto di vista urbanistico.

In Colombia è presente una serie di organizzazioni militari legali e illegali che aumentano notevolmente la tensione sociale: le forze paramilitari (spesso conniventi con le autorità ufficiali), le formazioni guerrigliere (protagoniste di rapimenti di cittadini ed autorità), il crescente intreccio con i trafficanti di droga ed infine, le stesse forze di sicurezza dello stato sono organismi che coinvolgono direttamente o indirettamente l'intera comunità colombiana. La Colombia è un paese dai cronici problemi di sicurezza che influiscono in ampia misura sulla vita politica e sociale: da un lato le forze armate lottano contro i guerriglieri dislocati in varie regioni della Colombia; d'altro lato si trova a dover lottare contro il narcotraffico che si insinua nel tessuto geopolitico locale così da alimentarlo costantemente. Tutte queste condizioni portano forti tensioni sociali soprattutto nelle zone rurali, dalle quali gli abitanti sono costretti a scappare e rifugiarsi nelle città.

## **2.2. Sviluppo incontrollato del territorio, evoluzione, trasformazione delle principali città colombiane**

Nel corso dei decenni le città hanno subito una serie di trasformazioni urbanistiche molto rilevanti: nella zona centrale delle città si sono insediate le famiglie di ceto medio e medio-alto le quali godono dei servizi e delle infrastrutture degni di una qualunque città; parallelamente si sono sviluppate e moltiplicate intere aree abitate da cittadini con scarse o nulle capacità di



reddito. Spesso le aree di insediamento informale nascono come zone provvisorie in cui trovare rifugio; il processo di migrazione dalle campagne però non si è mai arrestato, così le aree che dovevano risultare provvisorie, sono diventate gradualmente dei veri e propri quartieri informali, chiaramente sprovviste di infrastrutture adeguate.

### 2.2.1. Il processo di crescita della città di Bogotá

Tra il 1930 ed il 1946, si sviluppano in Colombia ed in particolar modo a Bogotá, dei cambiamenti urbani che proiettano la città ad un accrescimento esponenziale; questo è alimentato anche dalla difficile situazione politica e da vicissitudini sociali delle zone rurali, che portano ad una mobilitazione degli abitanti in cerca di alternative per migliorare la loro condizione di vita.

La popolazione di Bogotá a metà anni '40 conta 330.000 abitanti con un incremento demografico annuale superiore al 4%; la popolazione, così come le attività più prestigiose, in questi anni si concentra in particolare nel centro della città. I cittadini più abbienti si collocano al centro, mentre gli operai abitano i quartieri popolari, alcuni dei quali vengono costruiti nelle vicinanze delle industrie. Inizia in questo periodo una serie di progetti atti a migliorare le condizioni urbane della città di Bogotá: pavimentazione delle vie, opere infrastrutturali viarie, espansione dei servizi pubblici; si osserva inoltre la necessità di costruire quartieri popolari con condizioni igienico-sanitarie adeguate.

Nel 1938 con il governo di Eduardo Santos, si intraprende la fase di riorganizzazione urbana della città di Bogotá e si procede alla costruzione del quartiere *Centenario* per gli operai; in questo quartiere i lotti sono composti da quattro abitazioni con attorno zone verdi per le coltivazioni. Nel 1946 viene pubblicata la “Carta delle costruzioni rurali”.

Nel 1949 sorgono due nuovi quartieri: uno per dipendenti pubblici ( *Los Alcazares*) ed uno per il settore popolare (*Unidad Vecinal Muzù*). Questi sono due esempi di quartieri costruiti in grande scala con un preciso schema urbanistico ed architettonico: si trovano ampie vie che si diramano ed accolgono ampi lotti con abitazioni; vi sono poi percorsi pedonali che conducono alle zone con i servizi per i cittadini.

Nella seconda metà del XX secolo, Bogotá entra in una fase di espansione urbana: la classe alta della cittadinanza si sposta verso Nord e la classe popolare si insedia in direzione esattamente opposta, così da accentuare più marcatamente la divisione sociale tra ricchi e poveri.

Non è ancora sorta una classe media, pertanto si nota ancora più evidente la differenza tra classe più ricca e la classe più popolare. La richiesta di abitazioni popolari inizia ad essere rilevante; non riuscendo a coprire tutte le richieste inizia il processo di auto-costruzione illegale intorno ai primi anni '40 che interessa il 55% del totale delle abitazioni costruite dal 1938 al 1951.

Nel 1951 iniziano i lavori per il quartiere *Quiroga* promosso con la garanzia del ICT; le abitazioni vengono orientate a favore del Sole e prestando attenzione al vento in modo da evitare la contaminazione provocata dagli scarichi industriali; compaiono spazi verdi e zone per attività educative e ricreative come centri sportivi, zone commerciali e centri di salute ed igiene.

Nel 1954 la città di Bogotá vede un aumento della sua popolazione molto consistente in quanto vengono annesse 6 cittadine limitrofe alla capitale; i nuovi cittadini Bogotani si insediano soprattutto nelle periferie.

Nel 1958 vengono iniziati i lavori per la *Ciudad Kennedy* grazie ai contributi della “Alleanza per il progresso” e con l'appoggio tecnico del ICT. Questo nuovo quartiere posto nella zona sud occidentale di Bogotá, presenta abitazioni unifamiliari e multifamiliari ed è una forte risposta alle esigenze abitative.

Nel 1958 si inizia il *Polo Club* e nel 1959 si inizia la costruzione del quartiere *El Polo*.

Nel 1959 inizia l'insediamento del quartiere irregolare *Juan XXIII* da parte di sole dieci famiglie che con cartoni, teli e lattine riescono a costruirsi un rifugio dentro cui vivere.

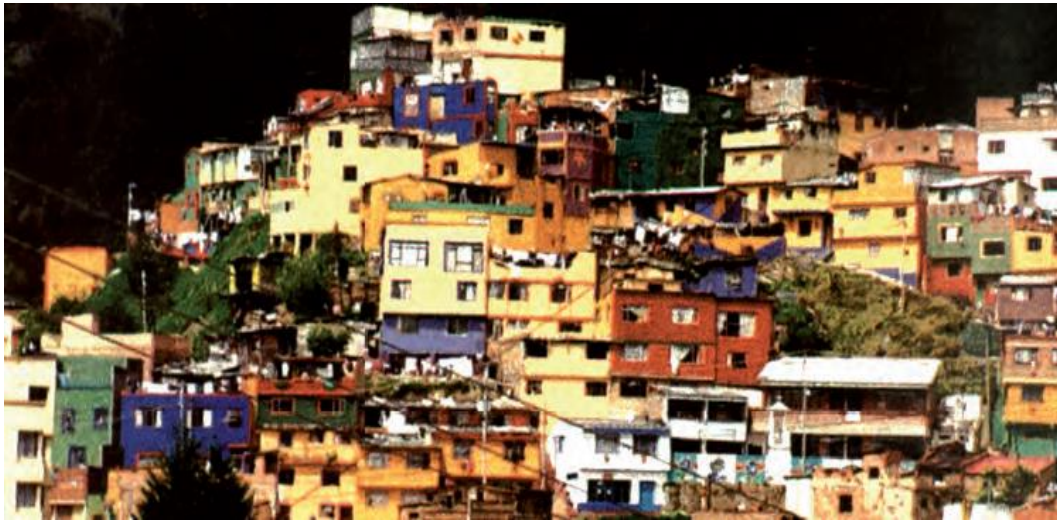


Figura 2.1 : Vista del quartiere Juan XXIII

Attualmente il quartiere è stato legalizzato e i suoi abitanti sono possessori di certificati di proprietà; ci sono però dei contrasti con i promotori immobiliari che han venduto questi lotti per via della posizione strategica del quartiere e della vicinanza con persone povere.

Anche il quartiere *Policarpa Salvarrieta* (1961) è stato riqualificato con blocchi abitativi regolari, ordinati per famiglie numerose; vi sono numerose aree con attività produttive e molte zone verdi con punti d'incontro per la popolazione.

Nel 1964 inizia la costruzione del quartiere *Niza Sur* che prevede 669 abitazioni inserite in una trama di vie principali e secondarie che si intersecano tra loro; sono qui presenti molte zone verdi ed è promosso per abitazioni unifamiliari.

Nel 1966 viene realizzato il quartiere *Timiza*.

Sorgono in questo periodo tre quartieri informali molto ampi come *Bosa*, *Usme* e *Fontibon*; si sviluppano anche molti altri quartieri più piccoli come *Class*, *Roma* e *Pastrana* , oppure *La Fiscala*, *La Despensa*, *Gualoche* e *La Estacion*.

Le reti dei servizi di acqua ed elettricità vengono collegate in maniera illegale e con il passare degli anni queste forniture sono divenute legali così da mantenere forte il controllo sul quartiere.

Con la modernità e rivoluzione industriale, sorge la classe operaia che si diffonde in maniera molto rapida nel contesto sociale e culturale della

Colombia. A partire quindi dallo sviluppo indotto dalla rivoluzione industriale inizia una nuova realtà sociale, economica e produttiva; viene vista nell'industria e nella crescita economica del paese, la possibilità di ridurre il deficit abitativo qualitativo e quantitativo della nascente classe operaia in collaborazione con il governo.

A partire dagli anni '70 il governo colombiano ha promosso la creazione di istituzioni per rispondere al problema abitativo che stava iniziando a diventare una vera e propria piaga sociale; queste strategie però non sono totalmente efficaci in quanto sono indirizzate verso abitanti che possiedono uno stipendio sicuro e perciò non riescono a coprire la totalità della popolazione. Per la maggioranza della popolazione che non può accedere a questa tipologia di programmi, sorgono delle modalità alternative che facilitano l'accesso alle forme più basilari di riparo.

Nel quartiere *Las Colinas* vennero installate reti tecniche e si provvide al miglioramento ambientale per i residenti con la vendita dei terreni ai residenti a tariffe particolarmente agevolate e bassi tassi d'interesse, ed inoltre con la creazione di un centro sociale per l'istruzione professionale in particolar modo sui lavori edili.

Negli anni '70 si avverte un ulteriore impulso alla auto-costruzione in quanto c'è una saturazione di abitazioni nella zona centrale di Bogotá; si amplia sempre di più la segregazione sociale tra cittadini in cui quelli più ricchi si spostano sempre più verso il Nord di Bogotá, il settore medio occupa la zona Ovest e il settore popolare invade e si espande al Sud di Bogotá.

Nel 1976, in Colombia si contano 23milioni di abitanti; sono iniziati da tempo gli insediamenti informali (intesi come carenti o assenti delle infrastrutture di base) che nella sola periferia di Bogotá diventano quasi 500. Tra il 1963 ed il 1973 la città di Bogotá cresce con un ritmo del 12,5% annuale e fino al 1993 cresce ad un ritmo annuale del 3.3% così da arrivare a sfiorare i 5.500.000 abitanti; in questi anni le autocostruzioni di abitazioni diminuiscono e si attestano a 300.000, indicativamente il 44% del totale delle abitazioni costruite in totale a Bogotá.

Nel 1991 viene riformata la politica delle abitazioni: il cambiamento maggiore avviene nel momento in cui lo stato si ritira definitivamente dalla produzione e finanziamento delle abitazioni e le sue funzioni vengono affidate al settore privato. La difficoltà di assegnazione delle abitazioni alle persone più povere

dipende dalla loro debolezza nella domanda. Per sopperire a questa carenza, lo stato introduce il sussidio diretto alla domanda e crea il “Sistema nazionale delle abitazioni d’interesse sociale”

### **2.2.2. Esempi di auto-costruzione guidata nello sviluppo della città**

Alla fine degli anni '50, si è visto che la terra urbana era una risorsa scarsa; i costi della gestione e della estensione della città rendevano ancora più difficile fornire alloggi e servizi per la popolazione povera, che si insediava più lontano dal centro e dai punti di maggiore copertura infrastrutturale.

Per arginare il fenomeno dell’abusivismo edilizio a Bogotá ed in generale in Colombia, si mossero come detto innumerevoli associazioni e studi di professionisti con la consapevolezza che gli insediamenti spontanei non si potevano cancellare ma che occorreva risanare quelli esistenti in modo da assorbirli ed integrarli alla realtà cittadina. Le baraccopoli dovevano essere recuperate e auto-costruite con una logica sana e propositiva da parte dei residenti; occorreva progettare adeguate reti infrastrutturali e viarie ed i terreni degli insediamenti andavano bonificati.

Già a partire dalla seconda metà del XX secolo, si iniziarono a sviluppare progetti di quartieri con abitazioni basse e ad alta densità; si ricercava una struttura urbana nella quale prevalesse una concezione degli spazi a misura del cittadino. Il nuovo ordine urbano prevedeva la separazione tra circolazione pedonale e veicolare, ed una conformazione d’insieme di spazi aperti per le abitazioni; i nuovi quartieri dovevano prevedere parchi, piazze e zone di incontro sociale.

Con questi principi nasce nel 1957 il quartiere *La Fragua*: è un progetto di auto-costruzione guidata di 94 abitazioni che vennero costruite a partire dalla “stanza sul retro” (inizialmente impiegata come residenza provvisoria mentre si costruiva l’abitazione) che fu successivamente convertita in una zona di attività produttiva; la struttura era concepita in modo che l’abitazione potesse essere ingrandita con il passare del tempo e con l’aumento della disponibilità economica delle famiglie.

A livello urbanistico si esplorava una nuova forma di raggruppamento di abitazioni alla ricerca di alta densità in bassa altezza senza interrompere la

continuità del tessuto urbano circostante; fu modificato il sistema viario presente in modo da creare blocchi abitativi.

Riducendo il numero di lotti individuali ed accorpandoli, si riuscì ad aumentare il numero di abitazioni ed al tempo stesso di aumentare gli spazi pubblici e la realizzazione di parchi o piazzette.

Il progetto si mosse in un contesto di partecipazione cittadina: dopo aver trovato un gruppo di famiglie interessate ad utilizzare le proprie forze per costruire le loro abitazioni, si procedette alla illustrazione del progetto ed alla spiegazione delle direttive tecniche da seguire durante la costruzione.

Tutti i futuri residenti furono coinvolti nella costruzione di tutte le abitazioni del quartiere; nessuno di loro sa quale sarà la casa in cui andrà ad abitare, in modo da infondere nella costruzione lo stesso spirito e le stesse energie per tutte le abitazioni; si realizzò, oltre l'edificazione del quartiere, la costruzione della comunità che lo caratterizzava.

Gli abitanti di *La Fragua* hanno modificato le loro abitazioni con l'andare del tempo tanto che ad oggi sono praticamente irriconoscibili rispetto l'originale; tutti hanno sopraelevato le loro abitazioni in una logica di massimizzazione degli spazi.

Nel 1968 vengono costruite 458 abitazioni a Bogotá per realizzare il quartiere *Carimagua*; si stabilì un sistema gerarchico di spazi aperti in cui le abitazioni si raggruppavano in blocchi esagonali di bassa altezza.

Si ridussero le vie veicolari e si raggrupparono le abitazioni in blocchi; si crearono nuovi spazi urbani, aree verdi e parchi e zone di ritrovo collettivo. Le abitazioni si elevavano per due piani ed erano di dimensioni ridotte.

Nel 1968 ebbe inizio la costruzione di un altro quartiere composto da 191 abitazioni a Bogotá. Più di 200 famiglie parteciparono alla riunione per la costruzione delle abitazioni nel quartiere *Sidauto*.

Le abitazioni si raggruppavano attorno a piccoli parchi e piazzette a carattere esclusivamente pedonale. Il lotto in cui si è costruito il quartiere era quadrato e presentava la metà dell'area adibita a zone verdi e pubbliche.

Inizialmente si costruirono abitazioni su un piano in modo che successivamente potessero essere sopraelevate; attualmente le abitazioni sono

molto deteriorate, in quanto si è provveduto a costruire fino all'ultimo metro quadro disponibile al fine di sfruttare l'abitazione per affitto o per includere una attività produttiva; tutto questo però è stato fatto senza tenere conto di alcuna normativa edilizia o senza seguire alcuna indicazione costruttiva.

Nel 1970 si sviluppa un nuovo progetto per il quartiere *La Alhambra* composto da 1768 abitazioni.

L'urbanizzazione prevedeva un numero minimo di strade veicolari con superlotti da 8000mq e edifici multifamiliari nelle strade principali; nelle vie secondarie furono previste abitazioni basse organizzate in piccoli lotti e zone per il commercio.

Si progettò una piazza circolare, delle chiese, un supermercato ed un cinema. La città doveva assumere la connotazione umana e non doveva essere presa come un luogo in cui far circolare le autovetture; i cittadini dovevano riprendere il possesso della città e viverla in maniera attiva partecipando alla vita comunitaria.

Nella decade tra i '70 e gli anni '80 si promosse un progetto molto grosso legato alle "norme minime di urbanizzazione", si trattava di *Ciudad Bolivar*.

Ci si rese conto che non era possibile risolvere il problema abitativo se parallelamente non si risolveva quello delle infrastrutture dei servizi, delle vie di comunicazione e delle apparecchiature primarie.

Nel 1971 iniziò la stesura delle "norme minime di urbanizzazione, servizi pubblici e servizi comunitari". La riforma si rivolse alle persone con minori risorse e soluzioni per costruire abitazioni, in modo da avere delle alternative legali allo sviluppo informale; tutto ciò servì a fronteggiare il problema dei quartieri illegali e l'invasione pirata dei terreni urbani. Si parlava di sviluppo progressivo tanto delle abitazioni quanto dello strato urbano in modo da tenere nel tempo adeguate condizioni di vivibilità sia privata che pubblica.

Attualmente esistono due quartieri creati a partire da queste normative proposte: *La Manuelita* e *La Alegria*. Entrambi i quartieri presentano macrolotti divisi in lunghi blocchi separati da strade; molte abitazioni si affacciano direttamente sulle vie veicolari mentre la facciata opposta si affaccia su zone pedonali. Ogni blocco di abitazioni è diviso in lotti che presentano la

possibilità di crescere con il passare del tempo; si possono creare diversi blocchi e raggruppamenti di abitazioni a seconda delle esigenze di ciascun abitante.

Ogni gruppo di quattro blocchi è inoltre fornito di servizi comunitari come piazze, parchi, scuole, mercato, casa comunale, chiesa e sale ricreative. Queste proposte nascono in quanto uno dei maggiori problemi dei quartieri informali è la assenza o carenza di servizi pubblici per gli abitanti.

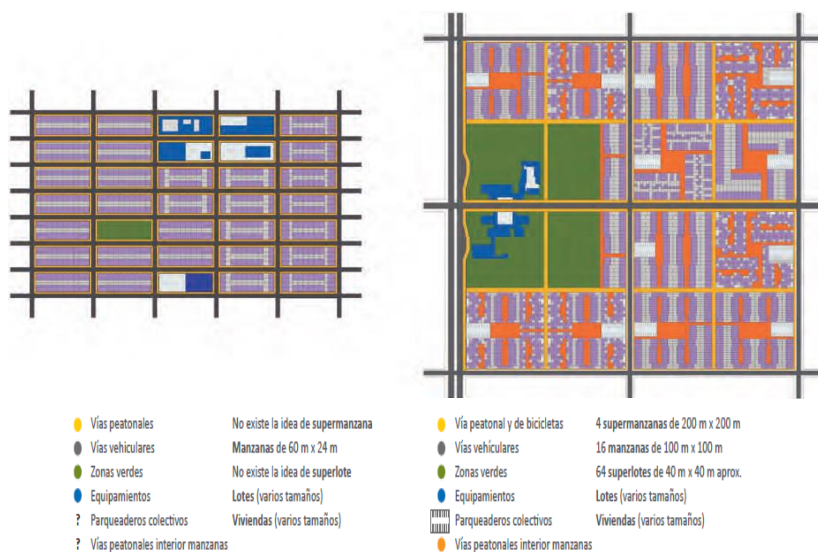


Figura 2.2 : Inquadramento generale del quartiere e divisione dei lotti

Nel 1983 iniziò la costruzione del quartiere *Colsubsidio* in cui si stabilirono delle gerarchie precise ed una struttura viaria separata da quella pedonale; tutto venne costruito in funzione degli edifici unifamiliari e multifamiliari e venne destinata un'area apposita per il mercato locale, per i supermercati, per le biblioteche, le scuole, i centri per la salute. Il quartiere sorgeva ad Ovest di Bogotá e comprendeva circa 14.000 abitazioni distribuite per la maggior parte in condomini da 5 piani; la struttura iniziale era composta prevalentemente da edifici di forma circolare ed ampie zone verdi.

Si realizzarono 22 blocchi di abitazioni, 7 dei quali sono case singole a schiera e 15 sono multifamiliari; il dipartimento di pianificazione distrettuale (DPD) intervenne nella elaborazione di un piano stradale e definì le normative in relazione alle zone verdi, alle densità.

*Ciudadela Colsubsidio* fu un progetto pensato per essere sviluppato nell'arco di 20 anni in maniera progressiva; il quartiere si componeva di un mix



residenziale che generava due diversi caratteri: quello aperto in cui le abitazioni avrebbero avuto uno sviluppo progressivo ed erano destinate alle famiglie con i minori stipendi, e il carattere chiuso, concepito tramite edifici multifamiliari senza possibilità di sviluppo abitativo futuro.

Per quanto riguarda i condomini (limitati nella loro flessibilità) fu consegnata la struttura ed i cittadini furono liberi di sviluppare come meglio credevano gli spazi interni; limitando l'altezza a cinque piani, si è evitato l'impiego dell'ascensore (con notevoli costi aggiuntivi di costruzione e manutenzione) e si è potuta impiegare la muratura armata in laterizio come sistema costruttivo più efficiente ed economico. Le abitazioni singole invece erano libere da ogni vincolo strutturale e con il miglioramento delle condizioni economiche si poteva sopraelevare l'abitazione.

Gli spazi urbani erano concepiti per essere vivibili, adeguati alla scala umana. Migliorare la struttura urbana e i servizi gioca un ruolo fondamentale nel miglioramento della qualità di vita e nella costruzione di una identità cittadina.



Figura 2.3 : Vista del quartiere Ciudadela Colsubsidio

Nel 1983, come già accennato, iniziò a Bogotá la stesura del programma *Ciudad Bolivar* che interessava un'area di 11.000 ettari per un totale di circa 1.500.000 abitanti (all'epoca il 25% dell'intera popolazione); si prevedeva la riqualificazione dell'intera area ed in particolare il rifacimento del manto

stradale, il miglioramento delle condizioni sociali ed igieniche, il miglioramento delle condizioni delle abitazioni.

Il progetto prevedeva un sistema viario e una struttura di servizi comunitari. Un problema non semplice da affrontare era il terreno: in particolare la zona presentava gravi problemi del suolo, topografia brusca, vecchie cave, forte erosione e frane. Molte abitazioni vennero costruite in terreni con forte pendenza; si è pertanto previsto di costruire le strade seguendo le curve topografiche e le vie pedonali trasversali a queste.



Figura 2.4 : Abitazioni di Ciudad Bolivar costruite in zone con forte pendenza

Nel 1998 il sindaco di Bogotá creò *Metrovivienda*, un nuovo modello di gestione distrettuale basato sulla politica statale del sussidio alla domanda di abitazioni. Nasceva dopo la legge 388 del 1997 per l'ordinamento territoriale, nella quale si obbligavano i sindaci a selezionare terreni (all'interno del piano regolatore territoriale) adatti a costruire abitazioni popolari e costruire inoltre infrastrutture per poi vendere i terreni urbanizzati ai promotori edili.

*Metrovivienda* è un organismo statale incaricato di promuovere la costruzione di abitazioni sociali come alternativa al settore informale, a partire da due tipi di strategie: tramite le banche acquista i terreni; poi mediante la urbanizzazione e costruzione delle infrastrutture utili, si offre alle imprese private la terra in condizioni adeguate per costruire abitazioni da vendere.

L'architetto German Samper a proposito di *Metrovivienda* afferma che : “Se si analizzano le debolezze ed i punti forti del settore informale, si conclude che una politica efficace per combattere lo sviluppo di quartieri informali è quello di intervenire nell'urbanizzazione e provvedere al potenziale che hanno le famiglie nel voler migliorare le loro condizioni abitative.”

El Recreo è un quartiere che si sviluppa seguendo determinate linee guida indispensabili: continuità con il tessuto urbano e la rete viaria esistente, piste ciclabili e zone pedonali garantite, riqualificazione del luogo pubblico, zone ricreative vicine ai parchi, distribuzione logica dei volumi (edifici e alberi), uso economico delle abitazioni e regolazione del commercio, modularità nello schema dei blocchi delle abitazioni e promozione di sviluppo progressivo delle stesse.



Figura 2.5 : Vista del quartiere El Recreo

### 2.3. Programmi di cooperazione internazionale in Sudamerica e Colombia

Grazie ai programmi governativi diffusi in tutti i paesi sudamericani, la percentuale di deficit abitativo è diminuita; tuttavia, è aumentata anche la popolazione e di conseguenza la richiesta di abitazioni. La maggior parte delle città colombiane ha ottenuto importanti progressi in termini di riduzione dei disagi abitativi nelle zone urbane, anche se si continuano a registrare problemi di insediamenti incontrollati e non regolamentati.

Da parte dei governi, negli anni '60 e '70 ha avuto inizio una politica abitativa generalizzata, attraverso la diffusione dei principi e delle risorse provenienti dalla "*Alianza para el Progreso*"<sup>1</sup>. Il sistema aveva come fine principale l'intervento diretto dello stato, attraverso la produzione, promozione e finanziamento di unità abitative.

Tutti i programmi (colombiani e sudamericani in generale) si sono concentrati nella creazione di infrastrutture e servizi con lo scopo di adeguare la città al numero di persone. Tuttavia, molte proposte e molti programmi sono stati criticati per via della mancanza di accessibilità da parte della popolazione più povera all'ottenimento delle abitazioni e per la difficoltà delle persone nel recupero dei finanziamenti necessari per comprare una casa o un terreno su cui costruirla. Il "*Banco Nacional da Habitação*" (BNH) ha stanziato quasi cinque milioni di dollari in finanziamenti tra il 1964 ed il 1986, ma solo il 20% è stato destinato alle famiglie più povere.

I governi hanno anche formulato politiche e programmi per finanziare e dare supporto tecnico ai processi di auto-costruzione legale, o per migliorare e regolare gli insediamenti informali, installare i servizi e fornire terreni adeguati per le famiglie più povere. L'auto-costruzione è stata ed è tuttora la soluzione che viene adottata dalla maggior parte delle persone che vive in condizioni di povertà estrema. Messo da parte l'aspetto positivo dell'aver una casa, bisogna considerare che la mancanza di conoscenze tecniche e di supporto tecnico e la scarsa qualità dei materiali usati, non fanno dell'abitazione un luogo sicuro (dal punto di vista strutturale).

Parallelamente sono sorte moltissime associazioni di volontari ed organizzazioni non governative per fronteggiare questa crisi sociale; ciascuna

---

<sup>1</sup> Proposta dal presidente John F. Kennedy, la "*Alianza para el Progreso*" era un programma di aiuti economici, politici e sociali offerti dagli Stati Uniti al Sudamerica.

di loro si muove prevalentemente con l'obiettivo di assegnare e distribuire abitazioni con uno standard qualitativo migliore rispetto a quello delle case informali.

Tra le organizzazioni per gli aiuti esteri vi sono:

**Un-Habitat:** è l'agenzia delle Nazioni Unite per gli insediamenti umani. L'associazione è incaricata dall'Assemblea generale delle Nazioni Unite per promuovere condizioni sociali ed ambientali confortevoli e tollerabili per tutti e per dare un contributo a fornire un alloggio adeguato per ciascun cittadino. Il lavoro di Un-Habitat è direttamente correlato alla Dichiarazione del Millennio delle Nazioni Unite e si prefigge l'obiettivo, in accordo con gli Stati membri, di migliorare la vita di almeno 100 milioni di abitanti delle baraccopoli entro il 2020.

**La Banca Mondiale:** è la principale organizzazione internazionale per il sostegno allo sviluppo e la riduzione della povertà. Fu istituita nel 1945, con lo scopo di fornire aiuto nella ricostruzione dei Paesi distrutti dalla guerra mondiale. E' composta anche dal Fondo Monetario Internazionale (FMI) che ha come ruolo fondamentale quello di stabilizzare le relazioni monetarie e finanziarie internazionali.

L'azione della BM si è gradualmente focalizzata sui paesi in via di sviluppo ed in particolare intorno a tematiche quali lo sviluppo del capitale sociale e del capitale umano, la crescita del settore privato, il miglioramento della capacità di Governo e l'alleggerimento del debito.

La BM elargisce crediti ai Governi dei Paesi membri o a favore di progetti sui quali vi sia una garanzia del Governo di uno Stato membro in particolare a coloro i quali dimostrano di perseguire solide politiche macroeconomiche ed una buona capacità istituzionale; inoltre incentiva i Governi a collaborare attivamente con la società civile ed il settore privato, al fine di favorire la diretta partecipazione delle popolazioni ai progetti sostenuti.

La banca di sviluppo interamericana (IDB) si propone per ridurre la povertà e la disuguaglianza nei Paesi dell'America Latina e dei Caraibi. Fondata nel 1959 si pone l'obiettivo di favorire lo sviluppo abitativo in maniera eco-sostenibile. La IDB fornisce prestiti, borse di studio, assistenza tecnica e promuove la ricerca; si concentrano su prove empiriche per prendere decisioni e fanno

analisi per misurare l'impatto di questi progetti in merito alla loro efficacia effettiva di impatto e sviluppo.

L'Agenzia degli Stati Uniti per lo Sviluppo Internazionale (USAID) è l'agenzia del governo federale degli Stati Uniti creata nel 1961 principalmente per la gestione degli aiuti esteri.

La strategia di assistenza USAID è un programma che prevede che i paesi beneficiari seguano un piano indirizzato all'utilizzo del denaro che loro stanziavano.

La USAID integra la programmazione della democrazia in tutti i suoi lavori di base, concentrandosi sul rafforzamento e la promozione dei diritti umani, la governance responsabile e trasparente, e una società civile indipendente e politicamente attiva. Aiutando le società a proteggere i diritti fondamentali dei cittadini, è più facile prevenire i conflitti interni; un paese con la giusta democrazia e una vita sociale pacifica e stabile è più propensa e facilitata a sviluppare tutto il suo potenziale e quello dei cittadini che lo compongono.

Techo, lavora con oltre 500.000 volontari, nella sua maggioranza studenti universitari, ed ha realizzato abitazioni per più di 86.000 famiglie, in 19 zone dell'America Latina.

L'organizzazione Techo è molto rinomata per interventi su vasta scala, costruendo case prefabbricate, costruite con pannelli di legno, che possono essere edificate in 2-3 giorni, chiamate mediaguas; queste abitazioni sono destinate alle persone che vivono negli accampamenti dell'America Latina. Per il montaggio delle abitazioni, i volontari lavorano fianco a fianco delle famiglie beneficiarie.

Il modello di intervento si compone di tre fasi:

- La costruzione di case di transizione,
- L'attuazione di programmi di inclusione sociale,
- Lo sviluppo di comunità sostenibili.

### **2.3.1. Descrizione di progetti di cooperazione realizzati**

#### **Un-Habitat**

L'ufficio Un-Habitat-Colombia ha sviluppato i suoi progetti nelle città e nelle aree urbane di tutte le 32 regioni amministrative della Colombia, cercando di offrire una migliore qualità di vita ai cittadini, una abitazione dignitosa ed un ambiente più sicuro.

I progetti in corso sono: (Un-Habitat)

ASUD, (*Achieving Sustainable Urban Development*) presente a Bogotá, Santa Marta e Medellin, il programma si orienta su diversi punti: l'economia nelle aree di agglomerazione, il supporto e la assistenza all'ufficio nello sviluppo del sindaco nel Piano Comunale di Medellin.

PILAR (*Piloting an Inclusive and Participatory Land Readjustment in Colombia for Sustainable Urban Development at Scale*), presente nella città di Medellin si propone di bonificare i terreni in modo da aumentare la agglomerazione all'interno della città ed evitare l'ingrandimento delle periferie e delle zone più povere. (ONU-HABITAT, 2009)

Questo programma collabora con l'AMVA (*Área Metropolitana del Valle de Aburrá*), che è un'entità amministrativa conformata dai comuni di Medellín, Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Itagüí, La Estrella, Sabaneta e Caldas, per gestire l'urbanizzazione dell'area metropolitana di Aburrá.

### **Banca Mondiale**

La BM ha realizzato in Colombia una grande quantità di progetti, riguardanti i settori del finanziamento e della costruzione di abitazioni e servizi urbani per i poveri: (The World Bank)

Il *Productive and Sustainable Cities Development Policy Loan* (Programma del Primo Prestito Programmatico per Politiche di Sviluppo di città produttive e sostenibili) realizzato tra dicembre 2012 a giugno 2013, ha promosso in Colombia una vasta gamma di riforme politiche: miglioramento dei servizi igienici e idrici di base; riduzione del rischio di catastrofi naturali nelle aree urbane; promozione di soluzioni abitative adeguate ai cittadini più poveri.

Il *Earthquake Recovery Project* (Progetto di Recupero per il Terremoto) è un progetto di aiuto destinato al governo Colombiano per la ricostruzione della regione Cafetera colpita dal terremoto del 1999. Il progetto prevedeva la riparazione e ricostruzione di abitazioni e delle infrastrutture, il finanziamento di sussidi agli sfollati per la costruzione di nuove abitazioni, la ricostruzione e

riparazione dei sistemi idrici e delle fognature; infine ha focalizzato gli sforzi sulla prevenzione dei disastri naturali.

Il *Colombia Programmatic Financial Sector Loan II* (Secondo Progetto Programmatico del Settore Finanziario), realizzato da settembre 2004 a marzo 2005, aveva lo scopo di contribuire ad un sistema finanziario che intervenisse in modo efficace nel risparmio di capitale ed altri servizi e prodotti finanziari per gli investitori, i consumatori e i proprietari degli immobili. Il prestito ha sostenuto azione politiche e implementato un nuovo quadro giuridico e normativo per la modernizzazione del mercato e l'adeguamento delle norme di gestione del rischio nei fondi comuni di investimento.

La Banca di Sviluppo Interamericana (IDB)

Nel settore dello sviluppo urbano e delle abitazioni, la IDB ha sviluppato progetti come: (Banco Interamericano de Desarrollo - BID)

*Mortgage Loan Program for Low Income Families In Colombia* (Programma Di Prestito Ipotecario Per Le Famiglie A Basso Reddito In Colombia): L'obiettivo del progetto è quello di offrire una garanzia parziale di credito (PCG) in modo da agevolare i mutui per la costruzione delle abitazioni.

Tramite il programma *Poverty Alleviation with a Geographical Focus* (Riduzione della Povertà con Approccio Territoriale), si promuove l'idea di contributo di competenze pratiche e tecniche in modo da aumentare la partecipazione cittadina nella costruzione e miglioramento delle abitazioni

Il *District of Barranquilla, Upgrading Informal Settlements* (Programma di Miglioramento Integrale di Quartieri), è un programma ancora in via di sviluppo per il comune di Barranquilla in cui si vuole migliorare le condizioni di vita dei cittadini più poveri tramite dei programmi di sviluppo urbano. Si stanno stanziando per il programma circa 600.000 dollari

Il *National Rural Housing Program* (Programma Nazionale di Abitazione Rurale), fornisce finanziamenti tramite sussidi per le abitazioni VISR<sup>2</sup>, sia per il miglioramento degli alloggi che per opere di nuova costruzione. Al fine di migliorare la distribuzione delle sovvenzioni si vuole finanziare un programma utile a migliorare la gestione delle politiche pubbliche con 35milioni di dollari.

---

<sup>2</sup> Vivienda de Interés Social Rural



## Techo

In Colombia le famiglie e i volontari, hanno costruito insieme più di 2600 case provvisorie a Cali, Cartagena, Barranquilla, Bogotá e Medellín. (TECHO), generando spazi di partecipazione della comunità. L'abitazione di emergenza è una soluzione concreta e realizzabile in tempi brevi, che ha un impatto importante nella qualità di vita delle famiglie e genera i primi legami di fiducia tra volontari e la comunità.

Successivamente, si presenta la *Mesa de Trabajo*, e tramite incontri tra i leader della comunità ed i volontari, si individuano altre esigenze prioritarie e si sviluppano i programmi per affrontarli, quali l'educazione, il lavoro, la produttività, la salute.





Mitigare il disagio abitativo nei paesi dell'America Latina:  
Proposta di linee guida per la auto-costruzione di abitazioni a Bogotá, in Colombia

---





Figura 2.6 : Immagini di lavori di collaborazione

### ***CAPITOLO 3 – ANALISI DEL DISAGGIO ABITATIVO ATTUALE E POLITICHE DI HOUSING IN COLOMBIA***

Nel 2005 la popolazione colombiana era insediata nelle grandi città per il 76%. I maggiori flussi di persone si sono registrati dalle popolazioni provenienti dall'interno del paese e da piccoli centri urbani; i motivi sono da ricercare in particolare nelle difficoltà economiche e nell'ordine pubblico sempre più deficitario, come spiegato nel paragrafo precedente.

Come già detto, il paese conta una popolazione di quasi 47 milioni di abitanti, il che lo pone come quarto paese più popoloso in Sudamerica. La densità demografica in Colombia non è però omogenea; infatti la popolazione è concentrata in alcune zone del Paese, per lo più nelle zone limitrofe alle grandi città, come Bogotá, Medellín e Cali, che costituiscono il cosiddetto "triangolo d'oro".

La maggior parte della popolazione è concentrata nella zona occidentale del paese sulla costa pacifica e nella zona nord, sulla costa atlantica; che la zona orientale, come quella sud sono le meno popolate della Colombia in cui si conta il 3% dell'intera popolazione pur contando una superficie totale che invece è addirittura superiore al 50% di tutto il territorio colombiano.

Il flusso migratorio della Colombia vede coinvolte al momento circa tre milioni di persone<sup>3</sup> che vanno ad incrementare ulteriormente il numero di abitanti di città già sovraffollate.

La gestione urbana è diventata sempre più complicata, talvolta ingestibile dalle forze politiche e si è resa necessaria una riorganizzazione ed una ristrutturazione dell'ambiente e del contesto cittadino. La "crisi" è stata affrontata dallo Stato (enti pubblici, ministero) con la stesura di piani urbanistici e con l'aiuto di associazioni non governative e professionisti privati.

Queste politiche hanno migliorato l'efficienza dei processi però non l'equità di opportunità di accesso ai finanziamenti perché i meccanismi dei mercati formali hanno lasciato fuori i settori più poveri che non hanno un reddito fisso, né capacità di risparmio, né accesso ai crediti.

---

<sup>3</sup> Dato riportato nel rapporto dell'UNHCR (agenzia delle Nazioni Unite per i rifugiati)

La disparità tra classi sociali all'interno delle città rimane sempre molto evidente e non tende a diminuire. A tale scopo diventa fondamentale che in primis i cittadini collaborino in maniera costruttiva ponendosi come obiettivo principale quello dello sviluppo locale, del benessere complessivo e del decoro delle città.

### 3.1. Situazione abitativa attuale: il caso di Bogotá

La Colombia, e in particolare Bogotá, hanno subito cambiamenti molto intensi e cruciali che hanno plasmato la città di oggi. Una città che sta lottando con l'espansione, il deficit abitativo, la crisi del welfare e il tasso di crescita della popolazione.

Questo è un gravoso tema per le amministrazioni locali in materia di sicurezza, di abitazioni, di servizi pubblici e infrastrutture e determinano la necessità di un nuovo approccio alla pianificazione urbana e delle politiche in quelle città.

Nel contesto di un conflitto armato interno che ha spostato milioni di persone alle principali città, Bogotá è divenuta una delle più importanti uscite di emergenza per le famiglie sfollate. Il risultato dello spostamento di popolazione dalle aree rurali alle città è che Bogotá, ormai da più di quarant'anni, si trova ad affrontare il suo principale problema sociale: la crescita incontrollata della popolazione, come mostrato nel grafico sotto riportato:

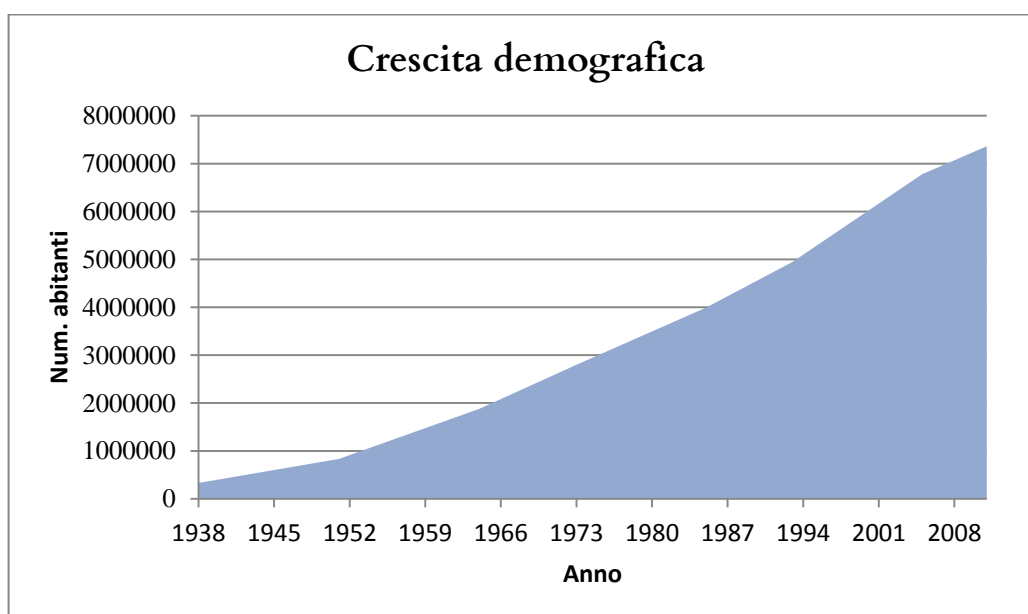


Tabella 3.1 : Andamento demografico a Bogotá

L'eccessivo incremento demografico ha fatto, inoltre, di Bogotá la città in cui si sono intensificati gli abusivismi urbani “*squatters*” e nei quartieri ad alta concentrazione di povertà lo sviluppo degli “*slums*” (aree urbane contraddistinte da degrado, edifici insalubri, povertà e disorganizzazione sociale).

Gli insediamenti “illegali” sono stati i principali meccanismi di appropriazione della terra e/o di un alloggio per quella parte della popolazione che non poteva permettersi una casa per i motivi più diversi: a causa degli alti prezzi delle abitazioni vendute legalmente, per la mancanza di finanziamenti flessibili e per la legislazione urbanistica.

A causa delle difficili caratteristiche geografiche della città e del disordine con cui nascono e si sviluppano i centri abitativi (che molto spesso sono costruiti illegalmente e senza il rispetto dei requisiti minimi di costruzione) non è possibile per lo Stato la gestione dei trasporti, di una rete fognaria adeguata e dei servizi in generale. Questo è dovuto al fatto che nella maggior parte dei casi l'Amministrazione regionale non riesce a fare dei piani territoriali e urbanistici (per esempio lottizzazioni, strade, rete fognaria) perché la velocità di nascita di insediamenti informali è molto maggiore.

Per quanto riguarda l'aspetto architettonico, bisogna considerare due variabili: la prima è la geografia della città, la seconda è relativa alla tecnica di costruzione e ai materiali utilizzati.

Bogotá è situata sul bacino superiore del fiume Bogotá, il suo altopiano è caratterizzato da terreni argillosi in gran parte saturi d'acqua. Questo rende le abitazioni molto vulnerabili agli effetti del cambiamento climatico; non solo singole case, ma persino interi quartieri sono a rischio e possono subire danni notevoli data la scarsa stabilità del suolo.

Dal punto di vista puramente tecnico, il sistema di costruzione è avvenuto principalmente sfruttando l'auto-costruzione e anche se per la realizzazione delle case si utilizzano materiali non deperibili, questi spesso sono inadeguati.

### 3.2. *Urban squatters and slums*: due sviluppi diversi di insediamenti esistenti

La nascita e la diffusione dei quartieri informali, non è facile da comprendere a primo impatto; ad una analisi approfondita ci si rende conto che la maggior parte delle persone che abitano questi quartieri si è vista costretta ad invadere le periferie delle città più grandi in cerca di condizioni di vita migliori.

Un quartiere prende forma solitamente a partire da un piccolo nucleo familiare che si insedia in un territorio alla periferia di una grande città; poco dopo giungono i parenti e gli amici così da allargare l'insediamento. Da qui si iniziano a ricercare figure professionali per lavorare nel quartiere, per cui una volta inseriti nel contesto sociale del "barrio" è difficile uscire sia perché le condizioni economiche tardano a migliorare e poi per il forte senso identitario che si crea nel crescere in questa comunità.

Occorre però distinguere due tipi di insediamenti:

- Quartieri pirata (*urban squatters*): sono definiti quei quartieri in cui le persone occupano un suolo pubblico o libero senza averne il titolo;
- Quartieri di invasione (*slums*): sono aree particolarmente congestionate che sono condizionate da una situazione di povertà, carenza di trasporti e infrastrutture e forte presenza di abitazioni fatiscenti

Gli abitanti di questi quartieri illegali sono ben consapevoli dei rischi che corrono in merito a molti aspetti: costruiscono abitazioni provvisorie e con materiali scadenti, su terreni instabili e sono inevitabilmente soggetti a malattie mortali. Il forte isolamento territoriale è enfatizzato ancor di più dalle carenze in termini di sistemi di trasporto urbano e la mancanza di servizi pubblici; per via delle carenti reti viarie, infatti, occorre trovare lavoro nelle vicinanze della abitazione per risparmiare tempo e soldi che andrebbero spesi per i trasporti.

A Bogotá, i quartieri più diffusi sono quelli *pirata* in quanto si annulla la spesa per l'acquisto del terreno che viene occupato e si procede quindi con la sola costruzione dell'abitazione. Per questo motivo questa tipologia di insediamento è sempre più radicata nel tessuto sociale Bogotano.

Nella quasi totalità dei casi, questi quartieri (siano *squatters* che *slums*) dopo alcuni anni vengono convertiti in quartieri legali; questo va a discapito dell'intera comunità in quanto il governo si trova costretto a dover stanziare



soldi per la costruzione di reti viarie ed infrastrutture, in zone per cui non aveva previsto di stanziare denaro. Questi quartieri sono spesso costruiti in terreni con topografia sfavorevole e zone con pericolo di inondazioni.

### **3.3. Programmi governativi di social housing**

Il “Plan Nacional de Desarrollo” per il periodo 2010/2014 definisce le linee base delle politiche del governo colombiano.

In particolare nonostante i passi avanti fatti nella organizzazione urbana, persistono difficoltà nel raggiungimento di uno sviluppo territoriale più integrato ed equo per tutti i cittadini; tra i punti di interesse infatti si pone l'attenzione sulla forte presenza di insediamenti abusivi nella periferia delle città.

Sono stati promossi due macroprogetti che sono due piani di sviluppo, organizzazione ed espansione urbana, attraverso i quali si cerca di garantire la percentuale minima di terreni che devono essere destinati a programmi di Vivienda de Interés Social (VIS)<sup>4</sup> o de Interés Prioritario (VIP)<sup>5</sup>.

Nonostante, i progetti in corso, ci sono problemi che colpiscono l'offerta, come la mancanza di suolo destinato al housing sociale, la mancanza dei servizi di base (sanitari ed idrici in generale); la mancanza di coordinamento delle politiche abitative tra il governo nazionale, le regioni, i comuni e le aree metropolitane; la mancanza di incentivi per promuovere l'industrializzazione e la costruzione sostenibile degli edifici.

Il governo nella ricerca della diminuzione del deficit abitativo conta diversi programmi che cercano di aumentare l'offerta di alloggio; alcuni offrono direttamente una soluzione abitativa alle famiglie, mentre altri offrono sussidi e sovvenzioni:

#### **3.3.1. 100 mil viviendas gratis**

Questo programma mira a fornire 100 mila abitazioni gratuite alle famiglie che si trovano in condizioni di povertà assoluta; i primi beneficiari del

---

<sup>4</sup> VIS

<sup>5</sup> VIP

programma sono le famiglie sfollate per colpa del conflitto armato interno alla Colombia e le famiglie colpite da calamità naturali o che risiedono in zone ad alto rischio geologico.

### 3.3.2. Sussidi

- *Subsidio Familiar de Vivienda*: Si articola in finanziamenti statali o in contributi di materiali e terreni, per facilitare la possibilità di costruzione di una abitazione; il beneficiario riceve gratuitamente il sussidio (senza dover restituire alcun contributo) nel caso in cui soddisfi le condizioni stabilite dalle normative presenti nel programma. Possono essere inseriti nel bando anche coloro i quali vogliono far sì che la loro abitazione venga migliorata o legalizzata,
- *Leasing habitacional*: E' un meccanismo di finanziamento promosso nel 2003 mediante il quale una banca o una società finanziaria consegna l'abitazione ad una famiglia che paga una commissione periodica. Al termine del contratto, il locatore può decidere se acquistare l'abitazione
- *Programa de vivienda de interés prioritario para ahorradores o vivienda salario mínimo*: Programma mira a promuovere l' acquisizione di abitazioni da parte delle famiglie con il secondo minor salario minimo. Queste famiglie possono poi acquistare la casa senza spendere più del 30% del credito a loro concesso inizialmente.
- *Subsidio a la tasa de interés*: Destinato per famiglie di strato sociale medio, il sussidio agisce sul tasso d'interesse del credito ipotecario ottenuto, fino ad un massimo del 30% sul valore della rata mensile.
- *Garantías para hogares informales*: Destinata a nuclei famigliari di lavoratori indipendenti che, data la natura del loro lavoro, non possono presentare un reddito mensile, e quindi hanno accesso limitato ai sistemi di finanziamento. Il programma propone delle garanzie parziali ai lavoratori per assicurarsi i finanziamenti da parte della banca.

## ***CAPITOLO 4 – PROPOSTA COSTRUTTIVA PER LA AUTO-COSTRUZIONE***

### **Introduzione**

Nel seguente capitolo si presenta uno studio delle diverse metodologie edilizie impiegate per la costruzione delle abitazioni; si descrivono inoltre i materiali e ne vengono illustrate le proprietà e le caratteristiche meccaniche così da poter fare una precisa valutazione di ciascun sistema costruttivo e scegliere tra questi quello più opportuno.

L'acciaio viene escluso da questa analisi in quanto presenta una serie notevole di problemi legati all'approvvigionamento in quanto occorre contattare delle ditte specializzate a cui richiedere dei pezzi specifici, al costo che è legato sia alla produzione che al trasporto (difficoltoso per via della lunghezza degli elementi) ed alla messa in opera in quanto deve essere impiegata una manovalanza specializzata che sappia maneggiare specifici macchinari e mezzi.

Viene inoltre escluso dall'analisi dei materiali il calcestruzzo armato in quanto è già stato preso in considerazione nel manuale che verrà presentato in appendice.

Una volta scelto il materiale da impiegare per la progettazione dell'abitazione, si procede con la descrizione del progetto in tutte le sue componenti; una attenzione particolare è stata data alla progettazione di qualità in modo da ricercare il miglior benessere per gli abitanti.

Completa il capitolo una breve analisi ergo tecnica nella quale si presta attenzione agli aspetti della sicurezza ed alle fasi di cantiere.

#### 4.1. Tecnologie costruttive impiegate nelle auto-costruzioni

Il sistema in muratura intelaiata è uno dei sistemi costruttivi più impiegati nelle costruzioni in Colombia ed in modo particolare nelle abitazioni destinate al housing sociale, data la facilità nella reperibilità dei materiali e per il basso costo di costruzione.

La struttura è composta di elementi murari in mattoni di laterizio o blocchi in calcestruzzo, allettati con malta e rinforzati con cordoli in cemento armato orizzontali e verticali adeguatamente collegati alle pareti. I muri strutturali intelaiati resistono alle forze orizzontali causate da terremoti o dal vento, oltre a sostenere il proprio peso e i carichi. È una struttura con alto livello di duttilità e poca suscettibilità al danneggiamento.

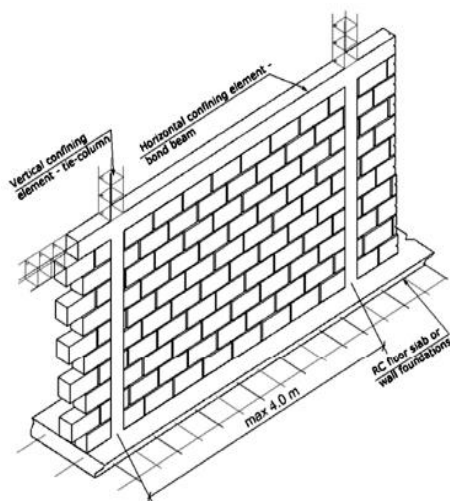


Figura 4.1 : Illustrazione della muratura intelaiata

#### 4.2. Studio ed esempi pratici delle diverse tecnologie costruttive

Il principio della auto-costruzione, per essere colto nella sua interezza, richiede che i materiali impiegati siano facilmente reperibili in loco e che siano economici. Auto-costruzione significa quindi recuperare e sfruttare al massimo i materiali di risparmio di cui si riesce a disporre con i minori tempi e costi: in particolare occorre impiegare tecnologie che possano costituire continuità con la struttura edilizia ed urbanistica tradizionale (artigianato del legno, terra cotta, paglia...); si potrebbero impiegare e riciclare materiali da

demolizioni di edifici ed in particolare elaborare metodi di giunzione che possano essere eseguiti da mano d'opera non specializzata.

Nel corso degli ultimi decenni e in particolare in questi anni, si stanno moltiplicando le abitazioni costruite con materiali riciclabili e di scarto in generale: vengono impiegati vecchi quotidiani arrotolati per l'isolamento, lattine per le pareti, container per l'involucro, pneumatici come fondazioni, bottiglie di plastica e bancali in legno.

Per non spingersi in maniera così estrema nella progettazione e considerato il fatto che l'abitazione proposta prevede due o tre piani fuori terra, si è optato per la ricerca di materiali più tradizionali e con provate normative tecniche.

Si presentano di seguito una serie di esempi di abitazioni realizzate con materiali edili tradizionali e non.

#### **4.2.1. Abitazioni realizzate con materiali riciclabili**

*Rubble House* : struttura composta in gabbiotti riempiti con macerie tenute tramite reti metalliche; la copertura è realizzata con una lastra di alluminio su cui viene posato uno strato di nylon rinforzato. Il velcro collega i bordi del tetto per la tenuta. L'intero sistema della copertura si collega a scatto.



Figura4.2 Fonte: Wolrd Buildings Directory

*Safe(r) House* : abitazione costruita su una piattaforma rialzata. Piccola ma essenziale è realizzata con partizioni in bambù ; la struttura è composta in blocchi di cemento rinforzati con armature.



Figura 4.3 Fonte: Open Architecture Network

Queste due tipologie di abitazioni, nonostante siano molto economiche e facili da realizzare, presentano una forte criticità legata al fatto che difficilmente si prestano ad un eventuale sopraelevazione (l'obiettivo è quello di giungere a tre piani fuori terra) ad accogliere uno o due piani sopra il piano terra.

Non potendo quindi realizzare una abitazione su più piani, queste due ipotesi costruttive non sono state prese in considerazione per la proposta di progetto.

#### 4.2.2. Sistema con le balle di paglia

Con questo sistema costruttivo, la fondazione perimetrale è realizzata in calcestruzzo e sopra vengono ancorati gli elementi strutturali puntiformi, consistenti in sassi legati tra loro tramite una gabbia di rete metallica. Il tamponamento è realizzato con balle di paglia, intonacate con malta di allettamento in calce idraulica; i mattoni in paglia sono opportunamente compressi (una volta posati uno sull'altro) e inseriti in un telaio in legno. Il sistema è completato con pareti interne in paglia pressata o pannelli in fibra di legno o pannelli in cartone riciclato.

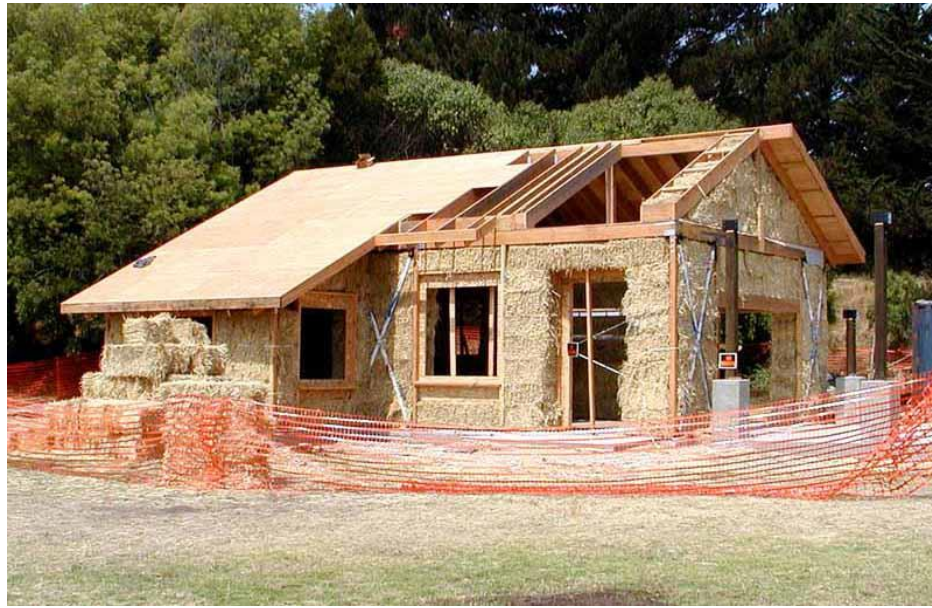


Figura 4.4 Fonte: Case in Paglia

Questo sistema è fortemente incentrato sull'aspetto ecologico e sul basso costo; la struttura in balle di paglia si sta nuovamente diffondendo (le prime abitazioni in paglia risalgono al 1800) in maniera notevole in tutto il mondo; in Italia vi sono esempi concreti di costruzioni in paglia, a Roma e nel Veneto dove si può trovare una cascina costruita su tre piani. Il fattore negativo principale che ha portato alla esclusione del materiale da impiegare per realizzare la proposta di progetto è legato al fatto che le abitazioni costruite in paglia su un piano sono costruite con mattoni di larghezza minima di 45cm; per abitazioni su due piani costruite con il solo mattone in paglia, occorre uno spessore di 80cm , mentre per abitazioni su tre piani occorre un mattone in paglia da 120cm.

E' quindi del tutto evidente che il solo materiale della paglia, non si concilia con l'auto-costruzione di case su due o tre piani; una alternativa per l'utilizzo della paglia, può essere quello di inserirla come tamponamento per strutture in legno, ma come si vedrà anche la tecnologia del legno non si concilia perfettamente con il concetto della auto-costruzione.

### 4.2.3. Sistema costruttivo in legno

Il materiale legno è stato analizzato con notevole interesse in quanto non presentava problemi (che si presentano nel calcestruzzo armato) legati al posizionamento delle armature, delle staffe di contenimento, alla cassetta corretta del getto del calcestruzzo (in particolare ad elevate altezze). Una volta giunti in cantiere i pilastri, le travi (entrambe in legno lamellare) e tutto il necessario per realizzare la struttura, devono essere posizionati correttamente ed opportunamente connessi tra loro tramite staffe.

Per la realizzazione di una abitazione tramite l'auto-costruzione però, sorgono immediatamente dei problemi legati alle dimensioni dei pilastri e delle travi in relazione al loro peso.

L'assenza di un sistema di sollevamento dei pilastri e delle travi per realizzare la struttura, limita notevolmente le possibilità di un posizionamento perfetto degli stessi (condizione necessaria per una corretta esecuzione della struttura); inoltre pur in presenza di un adeguato ponteggio, occorre una notevole precisione nel posizionamento delle staffe di ancoraggio per raccordare correttamente gli elementi strutturali verticali (pilastri) con le travi.

Nonostante le buone potenzialità dal punto di vista ecologico, estetico e di rapidità, occorre tenere conto del fatto che essendo un progetto di auto-costruzione deve essere il più semplice e conosciuto possibile. In se il problema della costruzione di abitazioni in legno, dal punto di vista strutturale, non è complesso; uno dei problemi è legato alla possibilità di "vendere" facilmente il singolo componente edilizio.

In particolare deve essere posta una attenzione particolare alle staffe di collegamento che devono essere il più omologate possibili e ben progettate a resistere a quella precisa tipologia di struttura e a quei carichi; occorre chiedersi quindi se questi componenti sono facilmente reperibili in loco e se si riescono a montare in maniera semplice e senza errori.

Per ovviare al problema delle differenze tra staffe potrebbe essere valutata l'idea di avere travi e pilastri delle stesse dimensioni, ma come detto l'assenza di macchinari di sollevamento appositi si associa male alla costruzione di abitazioni su più piani in legno; il solo pilastro (e la trave) ipotizzato in legno lamellare G24h di area (30x30) cmq per una altezza di 4m presenta un peso di 216kg; allo stesso modo la trave che deve essere sollevata e posizionata



perfettamente in orizzontale, presenta grosse difficoltà se non viene posata tramite l'ausilio di macchinari di sollevamento. Infine c'è da considerare che il legno lamellare G24h viene impiegato per coperture di grosse dimensioni (come le palestre) pertanto presenta delle notevoli proprietà caratteristiche e prestazionali; la dimensione reale dell'abitazione avrebbe pilastri e travi di dimensioni ancora maggiori in quanto si prenderebbe un legno lamellare con prestazioni inferiori e di conseguenza pesi ancora più elevati.

#### **4.2.4. Sistema in muratura armata**

Si procede con la descrizione ed analisi della muratura armata e non della muratura semplice in quanto la normativa colombiana prevede che le abitazioni costruite su tre piani fuori terra in zona sismica, abbiano un rinforzo alla muratura semplice.

Il primo fattore che risalta nella costruzione di una abitazione in muratura è certamente la praticità e la leggerezza della messa in opera del mattone. La realizzazione di una abitazione in muratura armata (o muratura semplice) risulta di facile esecuzione in quanto non sono previsti macchinari di sollevamento per i materiali: il calcestruzzo può essere trasportato tramite carriole e messo in opera agilmente; i mattoni e la malta di collegamento possono essere trasportati anch'essi manualmente e i ferri d'armatura sono di dimensioni relativamente ridotte.

La muratura armata prevede pertanto l'introduzione di armature verticali e orizzontali all'interno della muratura e sono concentrate negli incroci dei muri ma anche nel corso del muro ad un passo stabilito da progetto a seconda della luce. L'armatura è opportunamente annegata in un getto di calcestruzzo. L'armatura resiste alle sollecitazioni di trazione, sollecitazioni alle quali la muratura semplice non è in grado di resistere e aumenta la duttilità strutturale dell'insieme.

L'edificio in muratura portante deve essere concepito come una struttura tridimensionale. I sistemi resistenti di pareti di muratura, gli orizzontamenti e le fondazioni devono essere collegati tra di loro in modo da resistere alle azioni verticali ed orizzontali.

Ai fini di un adeguato comportamento statico e dinamico dell'edificio, tutti le pareti devono assolvere, per quanto possibile, sia la funzione portante che di controventamento.

La muratura armata è più duttile di una muratura semplice; si ha pertanto una maggiore capacità di deformazione e questo consente di assorbire meglio le sollecitazioni sismiche attraverso la dissipazione di energia.

### 4.3. Spunti di progetto (descrizione delle baraccopoli a Bogotá)

Il progetto in questione non può prescindere dalla valutazione dello stato attuale delle baraccopoli di Bogotá. Occorre intervenire sul territorio con un progetto se sia totalmente integrabile ( a livello tecnico per le maestranze impiegate che a livello ambientale) nel contesto in cui viene inserito; in particolare occorre impiegare materiali di recupero o comunque facilmente reperibili ed economici, far conoscere tecniche semplici di costruzione, insegnare l'uso di mezzi di costruzione facili da usare e maneggiare.



Figura 4.5 : Immagine del quartiere Usme a Bogotá

Come già precedentemente detto, la periferia di Bogotá è circondata da quartieri informali e baraccopoli. Tutte presentano delle notevoli carenze strutturali, costruttive e tecniche per via della scarsa qualità dei materiali impiegati e per la manodopera poco specializzata; si nota in tutte le baraccopoli il massimo livello di ottimizzazione delle risorse.

Durante il sopralluogo effettuato a Bogotá in località *Usme*, sono stati riscontrati numerosi punti critici nella costruzione delle abitazioni informali: bassa qualità di manodopera sbalzi senza appoggi, discontinuità tra elementi strutturali, variabilità nei materiali impiegati, discontinuità nella simmetria della struttura e sbalzi troppo ampi, pilastri non continui, scarsi spessori dei copri ferri, errato posizionamento verticale dei mattoni.

La varietà delle soluzioni dipende da molteplici fattori quali le conoscenze tecniche tramandate ed acquisite, le possibilità economiche, l'ubicazione dell'abitazione, le condizioni del terreno e il possesso o meno del terreno.

Trattandosi di auto-costruzione, occorre valutare le modalità esecutive ottimali e più consone al terreno su cui si costruisce.



Figura 4.6 : Abitazione con sbalzo senza rinforzo adeguato



Figura 4.7 : Abitazione con discontinuità degli elementi strutturali



Figura 4.8 : Abitazione con fessure nei muri; impiego di materiali di costruzione scarsi



Figura 4.9 : Vista del quartiere Usme



Figura 4.10 : Abitazione costruita con materiali di diverso tipo



Figura 4.11 : Sopraelevazione piano secondo e piano terzo: sbalzi e muri non confinati con il calcestruzzo



Figura 4.12 : Sopraelevazione piano secondo: sbalzi non corretti e posa errata dei materiali



Figura 4.13 : Abitazione con uno sbalzo per ogni piano e sbalzo nel parapetto



Figura 4.14 : Discontinuità degli elementi



Figura 4.15 : Discontinuità degli elementi strutturali



Figura 4.16 : Procedura sbagliata nella costruzione della muratura





Figura 4.17 : Ferri di richiamo non protetti; muri mal confinati con il calcestruzzo



Figura 4.18 : Immagine di una struttura interrotta; ferri esposti



Figura 4.19 : Immagine di un supporto instabile



Figura 4.20 : Discontinuità degli elementi strutturali; manodopera scarsa



Figura 4.21 : Mancanza di risorse e materiali scarsi



Figura 4.22 : Rinforzo a vista e scarso copriferro



Figura 4.23 : Fondazioni scarse

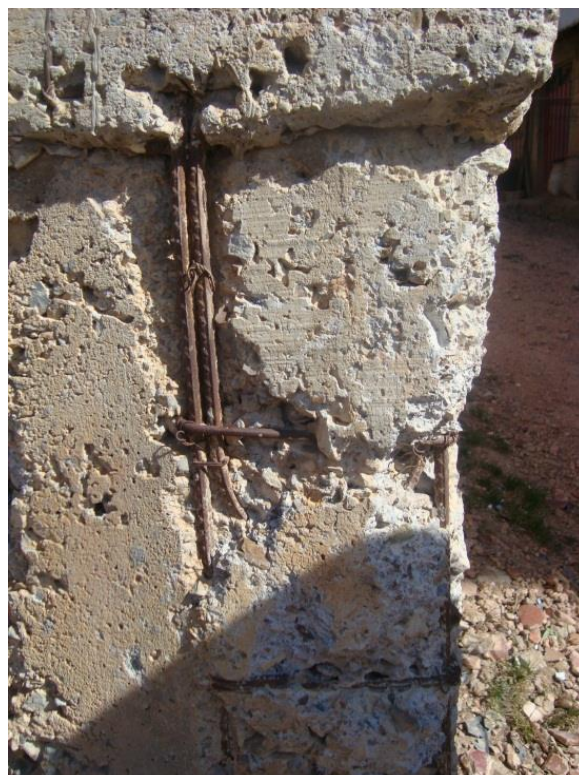


Figura 4.24 : Copri ferro scarso e scarsa staffatura



**Figura 4.25 : Abitazione con sbalzo non in sicurezza**



**Figura 4.26 : Impiego di diversi materiali da costruzione**



Figura 4.27 : Soletta troppo sottile e pilastri non continui

#### 4.4. Descrizione del progetto

La presentazione del progetto strutturale verrà impostata in due parti distinte: la prima parte sarà quella più generale nella quale si riportano i criteri generali che sono stati seguiti per il progetto; nella seconda parte verranno descritte in dettaglio le elaborazioni numeriche effettuate secondo i criteri normativi.

Il progetto qui presentato consiste nella realizzazione di una abitazione che può essere auto-costruita, in muratura armata composta da tre piani fuori terra.

Si è optato per la scelta di una struttura abitativa su tre piani in quanto, osservando gli insediamenti abusivi in primis e poi i quartieri popolari di Bogotá, si è notato che questa è la tipica struttura che viene costruita nei quartieri informali; si vuole pertanto fornire il progetto di una abitazione che possa aumentare progressivamente in altezza, permettendo l'evoluzione degli spazi in modo che i residenti possano migliorare le loro condizioni di pari passo con l'aumento delle loro disponibilità economiche e con l'aumento delle esigenze familiari.

Inoltre si vuole progettare una abitazione flessibile in modo tale che il progetto si possa adattare alle dimensioni del terreno di proprietà dei residenti.

Per rispondere a queste esigenze si è adottata una soluzione progettuale che comprende un modulo in muratura armata di luce 3.9x3.9m, che permette di essere assemblato sia in verticale che in orizzontale a seconda delle necessità, fino ad un massimo di tre moduli in altezza e quattro in pianta.

La struttura è progettata in modo che possa resistere agli eventuali carichi di un secondo ed un terzo piano da ipotizzare e preventivare in quanto è molto plausibile che le famiglie tendano ad espandersi per migliorare le proprie condizioni abitative.

La versatilità architettonica in verticale è dunque uno dei punti più importanti di cui si deve tenere conto nella definizione del progetto.

La fase portante è garantita, come già detto, da una struttura in muratura armata; l'impalcato tipo è realizzato con solaio in latero-cemento costituito da file di mattoni strutturali e da nervature in cemento armato sovrastate da uno strato di cappa collaborante.

La chiusura orizzontale superiore è una copertura continua piana della stessa tipologia dell'impalcato con la sola differenza delle piastrelle impiegate. In copertura non si prevede l'inserimento di alcuno strato di isolamento in quanto il clima di Bogotá (e in generale di tutta la Colombia, montagne escluse) è prevalentemente mite; questo volge a favore della realizzazione del progetto in quanto si escludono i costi del materiale e si elimina ogni possibile errore nella realizzazione del pacchetto strutturale (che risulta sempre uguale a parte lo strato di rivestimento esterno).

Dopo aver illustrato in dettaglio la struttura, si procede con l'analisi delle singole parti in cui verranno usati procedimenti approssimati che si basano su schemi parziali.

La normativa presa in considerazione è l'Eurocodice 6 per la progettazione delle strutture in muratura e l'Eurocodice 2 per la progettazione delle strutture in calcestruzzo; si prende come riferimento anche la normativa *sismo resistente* colombiana NSR-10 ; alcuni elaborati grafici e tabelle di calcolo accompagnano la relazione.

#### **4.4.1. Progressività e flessibilità**

La proposta del presente lavoro si basa sull'idea dello sviluppo progressivo e flessibile delle abitazioni auto-costruite. E' stato progettato un modulo base, che possiede le caratteristiche strutturali sufficienti per poter resistere alla sopraelevazione di altri due piani, in quanto le abitazioni auto-costruite si sviluppano gradualmente nel tempo (in funzione delle condizioni economiche e delle necessità delle famiglie) nella maggior parte dei casi su tre piani fuori terra.

Si è infatti tenuto conto anche del fatto che i residenti hanno esigenze diverse nel corso degli anni, quindi occorrono spazi flessibili e adattabili che permettano la redistribuzione della pianta o la redistribuzione in verticale della struttura.

Si parla quindi di una flessibilità costruttiva, se ci si riferisce all'implementazione strutturale dell'abitazione da sfruttare come residenza e si parla di flessibilità d'uso in riferimento all'aggiunta di aree destinate ad attività produttive (commercio, magazzini...).



Inoltre rispettando sempre la struttura del modulo, si prevede (nell'analisi dei carichi) l'inserimento di muri divisorii in modo tale da permettere ai residenti di progettare l'organizzazione degli spazi interni.

Incorporando questi aspetti nella progettazione, si vuole consegnare una abitazione base che consenta di "stravolgere" la struttura originale nel corso degli anni, in totale sicurezza e con una qualità costruttiva sempre elevata.

#### **4.5. Comportamento della Muratura Armata**

La muratura armata è una muratura portante rinforzata in modo diffuso mediante barre metalliche e getti in conglomerato.

L'edificio in muratura armata deve essere concepito come un assemblaggio tridimensionale di muri e solai, garantendo il funzionamento scatolare e conferendo stabilità e robustezza all'insieme.

L'armatura resiste alle sollecitazioni di trazione, sollecitazioni alle quali la muratura semplice non è in grado di resistere e aumenta la duttilità strutturale dell'insieme. Le armature sono concentrate solo negli incroci dei muri in quanto la lunghezza del modulo pari a 4 m per lato, conferisce una rigidità sufficiente a non dover inserire lungo il corso del muro ulteriori rinforzi.

La resistenza dei muri a forze agenti nel piano del muro è molto maggiore rispetto le forze agenti ortogonalmente al piano e quindi è maggiore la loro efficacia come elementi di controventamento.

Per quanto possibile tutti i muri devono avere funzione portante e di controventamento.

Il collegamento tra muri portanti, muri di controvento ed i solai deve essere effettuato mediante cordoli continui lungo tutti i muri, all'altezza dei solai di piano e di copertura.

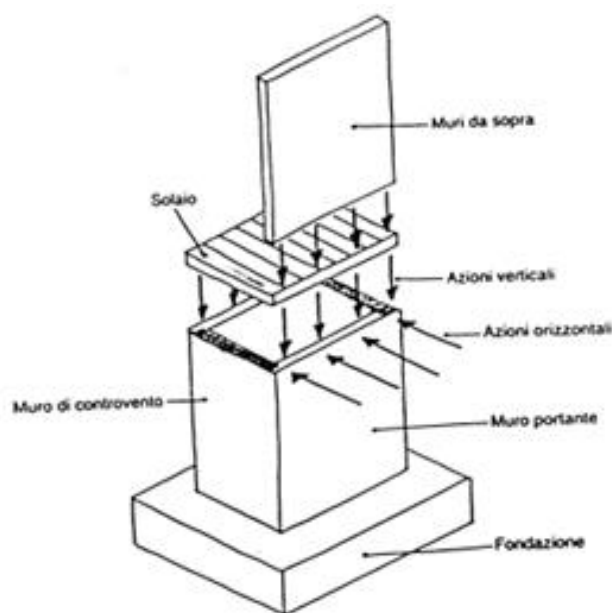


Figura 4.28 : Comportamento scatolare della muratura

I cordoli svolgono la funzione di vincolo alle pareti sollecitate ortogonalmente al loro piano, ostacolando il ribaltamento.

I muri ortogonali fra loro devono essere efficacemente ammorzati tra loro lungo le intersezioni verticali mediante opportuna disposizione degli elementi. Questo è utile anche per redistribuire i carichi verticali tra muri ortogonali.

Le proprietà della muratura armata devono essere studiate conoscendo i componenti e le proprietà meccaniche di ciascuno di loro ma in particolar modo occorre conoscere il comportamento del composto mattone-malta.

I pannelli murari devono resistere a forze sismiche ed alla pressione del vento (di tipo orizzontale) pertanto si andrà a valutare anche la resistenza della muratura al taglio e a trazione.

I movimenti tra i materiali che compongono la muratura armata sono impediti da un legame definito dall'aderenza tra i due componenti che tenderà ad impedire spostamenti relativi:

- - la malta è sottoposta ad uno stato triassiale di compressione;
- - il mattone è sottoposto ad uno stato biassiale di trazione.

La muratura inizia a fessurarsi quando viene raggiunto il valore di resistenza a trazione del mattone.

Il mattone e la malta sono due materiali che presentano entrambi una resistenza molto più elevata a compressione che a trazione; rispetto alla malta il laterizio presenta tensioni di rottura e modulo elastico maggiori; il laterizio presenta una rottura fragile, mentre la malta presenta una rottura duttile, ovvero può deformarsi maggiormente.

La muratura presenta diversi comportamenti meccanici:

- disomogeneità: il comportamento tra malta e mattoni è molto diverso;
- anisotropia: i blocchi presentano comportamento diverso a seconda della direzione di azione dello sforzo; lo sforzo è diverso per compressione orizzontale o verticale rispetto alla foratura;
- asimmetria: comportamento diverso a compressione/trazione sia per gli elementi che per la malta.

La qualità dei materiali va necessariamente associata alla regolarità morfologica e costruttiva dell'edificio, in quanto le forze sismiche devono essere contrastate in modo omogeneo; alla configurazione regolare deve inoltre essere associata la corretta posa in opera ed esecuzione dell'intera struttura.

La muratura è generalmente considerata un materiale linearmente elastico; in modo approssimativo si può definire che per il legame sforzo-deformazione il modulo elastico è uguale a  $E=700^*\sigma_c$  in cui  $\sigma_c$  è la resistenza a compressione della muratura.

#### **4.5.1. Comportamento a compressione**

La resistenza a compressione longitudinale e trasversale è il parametro fondamentale; la muratura non viene considerata reagente a trazione.

La resistenza a compressione della muratura in mattoni, è di solito molto inferiore rispetto alla resistenza nominale a compressione dei mattoni, mentre può essere molto più grande della resistenza cubica della malta.

Per quanto riguarda il comportamento a compressione della muratura armata, vi sono diversi fattori che entrano in gioco nell'analisi dei singoli componenti: per le caratteristiche dei blocchi è determinante il tipo e la geometria; per le

caratteristiche della malta occorre valutare la resistenza (miscela, rapporto acqua/cemento, acqua trattenuta) e le caratteristiche di deformazione relative al blocco.

La muratura sottoposta a compressione uniforme arriva a rottura con sviluppo di fessure che si mantengono parallele all'asse di carico o per rottura a taglio lungo le linee di debolezza.

Il tipo di rottura dipende dalla resistenza della malta rispetto alla resistenza dei mattoni. In fase di progetto si fa riferimento alle relazioni sperimentali tra la resistenza degli elementi, della malta e la resistenza della muratura.

Nella muratura, gli elementi resistono alle tensioni di trazione causate dalla deformazione laterale della malta pertanto per tali materiali, collegati tramite la malta, maggiore è l'altezza dell'elemento e maggiore sarà la resistenza a compressione della muratura.

Convenzionalmente la resistenza a compressione della muratura armata, è data dalla somma delle resistenze dei blocchi forati e delle parti riempite di calcestruzzo, provate separatamente.

#### **4.5.2. Resistenza della muratura a compressione e taglio**

Il valore della resistenza a compressione e al taglio, è importante nella muratura armata in relazione alla resistenza delle forze laterali.

Si può rappresentare con una legge nella quale si aggiunge alla resistenza di taglio a compressione nulla, il coefficiente di attrito moltiplicato per la tensione verticale di compressione (come la legge di Coulomb). Per gli elementi in laterizio questo limite è circa  $2 \text{ N/mm}^2$

La resistenza al taglio dipende dalla resistenza della malta (circa  $0.3 \text{ N/mm}^2$ ); il valore di attrito è intorno allo 0.5

#### 4.5.3. Comportamento a trazione

La crisi per trazione può essere determinata dalla rottura del giunto per via della coesione all'interfaccia tra mattone e malta. La resistenza a trazione del mattone è simile alla resistenza a trazione della malta ed è molto più bassa della resistenza a compressione.

La resistenza a trazione è caratterizzata da una notevole aleatorietà in quanto può dipendere dal non perfetto riempimento dei giunti.

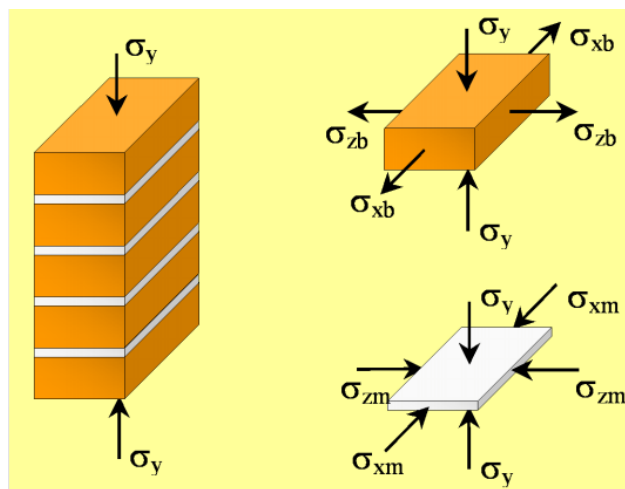


Figura 4.29 : Comportamento di trazione e compressione dei mattoni e della malta

#### 4.5.4. Resistenza a trazione diretta

Le tensioni di trazione diretta possono sorgere nella muratura come risultato di sollecitazioni di piano, causate da vento, carichi eccentrici gravi, movimenti per variazione di umidità o per dilatazioni termiche.

Solitamente nella muratura la resistenza a trazione è bassa e variabile pertanto non se ne tiene conto nell'analisi strutturale.

La resistenza a trazione dipende in particolar modo dalla aderenza tra i mattoni e la malta; essendo la muratura in mattoni di laterizio, è molto importante la quantità di acqua (o meglio l'umidità) superficiale del mattone al momento della sua posa: elementi troppo asciutti o troppo bagnati comportano una resistenza con aderenza bassa.

Da prove di laboratorio si evince una grande varietà della resistenza a trazione che risulta massima (0.4 N/mm<sup>2</sup> ) per una umidità pari ai  $\frac{3}{4}$  della completa saturazione.

#### 4.5.5. Resistenza a trazione per flessione

La resistenza a flessione interviene nel momento in cui occorre porre resistenza alla pressione laterale del vento da parte della muratura di tamponamento.

La stabilità fornita dal peso proprio del muro è infatti insufficiente per resistere efficacemente alla spinta del vento.

Alla resistenza a trazione per flessione si applicano gli stessi concetti precedentemente espressi per la resistenza a trazione diretta, in merito alla aderenza mattone-malta; dipende in particolare dalla capacità di assorbimento dei mattoni e dalla qualità nella produzione della malta.

Questa resistenza varia solitamente tra i 2 e 0.8 N/mm<sup>2</sup> nella direzione più resistente.

#### 4.6. Materiali

La qualità della costruzione di una abitazione in muratura armata, dipende in particolar modo dalle caratteristiche dei materiali che la costituiscono. E' fondamentale reperire materiali a basso costo ma di qualità buona; i componenti della muratura armata verranno descritti nel seguente paragrafo e sono quelli che per caratteristiche meccaniche sono i più idonei al tipo di progetto proposto.

Qualitativamente la muratura presenta un comportamento simile a quello dei suoi componenti; le caratteristiche meccaniche però dipendono da molti fattori: le caratteristiche deformative del mattone e della malta, la resistenza del mattone, la resistenza della malta. Le caratteristiche meccaniche sono anche influenzate dalle modalità costruttive: geometria dei mattoni, spessore dei giunti, capacità di assorbimento d'acqua da parte dei mattoni, capacità di ritenzione dell'acqua da parte della malta, l'aderenza tra mattone e malta.

Dato l'accostamento e l'interazione tra molti materiali diversi, occorre precisare che ciascuno di essi presenta un comportamento specifico in particolare ciascuno presenta una propria deformazione termica: il calcestruzzo presenta sensibili ritiri idraulici; le armature trasferiscono alla struttura in muratura delle sollecitazioni.

#### 4.6.1. Mattone strutturale cellulare

Per quanto riguarda la scelta del mattone da impiegare, è stata valutata principalmente la sua reperibilità nella zona di Bogotá; in particolare è stata valutata la scelta della materia prima di cui il mattone è composto, la sua diffusione nel mercato ed il suo costo.

La resistenza a compressione ( $f_b$ ) è il parametro fondamentale da considerare per la scelta dei mattoni da usare in fase di progettazione.

La classificazione principale che identifica i diversi tipi di mattoni è data dalla percentuale di fori:

- pieni : foratura <15%
- semipieni : 15%<foratura<45%
- forati : 45%<foratura<55%

Se si superano le dimensioni di foratura del 55% i mattoni non possono essere previsti per muratura portante; se si raggiunge il 70% della foratura i mattoni possono essere impiegati per i muri divisorii interni.

La resistenza di queste tipologie di mattoni, sono determinate dalla loro superficie lorda.

Il mattone strutturale cellulare che verrà impiegato è realizzato in laterizio e presenta una percentuale di foratura compresa tra il 45% ed il 55% pertanto rientra nella categoria dei mattoni forati.

Il mattone possiede una resistenza a compressione pari a  $f_b = 18\text{MPa}$  ed un peso pari a  $P=129\text{ kg/mq}$ . Il singolo mattone è di  $14\times 29\text{ cm}$  con due fori di dimensioni  $9.9\times 10.4\text{ cm}$  ciascuno; ha una altezza di  $10\text{ cm}$ .

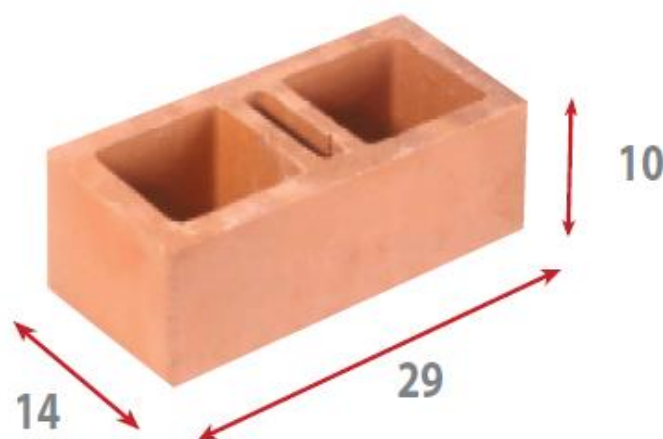


Figura 4.30 : Illustrazione del mattone cellulare

Può essere applicato sia per muri divisorii interni per cui è sufficiente una sola fila di mattoni che per muri portanti in cui occorre affiancare (e collegare opportunamente) due file di mattoni.

I mattoni vengono posizionati sfalsati sia in verticale che in orizzontale (le due file di mattoni precedentemente definite).

Il mattone presenta un volume totale di 4060 cm<sup>3</sup> ed un volume di fori pari a 2260 cm<sup>3</sup> che corrispondono al 55% del volume totale; di conseguenza il mattone appartiene (per la EC6) al gruppo 2 di riferimento.

All'interno dei fori dei mattoni che si trovano all'incrocio tra due muri, verrà facilmente gettato il calcestruzzo e successivamente verranno annegati i ferri di armatura (uno per ogni foro) opportunamente dimensionati.

Questa tipologia di mattoni in laterizio viene realizzata con temperature molto elevate di cottura, motivo per il quale riescono a resistere adeguatamente ad elevati carichi di incendio.

#### 4.6.2. Malta di allettamento

La malta di allettamento è un conglomerato composto da acqua, sabbia e legante o alcuni diversi leganti; i tempi di indurimento della malta dipendono dal tipo (o dai tipi) di legante/i che vengono impiegati. Le malte sono classificate a seconda della loro composizione (come appena descritto) e dalle loro proprietà meccaniche; l'Eurocodice 6 prescrive la loro classificazione



tramite la determinazione della resistenza media a compressione, indicando la classe con una M seguita dal valore della resistenza  $f_m$  in N/mm<sup>2</sup>. Nell' EC6 sono citati inoltre due aspetti fondamentali come la durabilità e l'aderenza tra blocchi e malta.

Le caratteristiche della malta possono essere fortemente influenzate dall'eventuale adsorbimento dell'acqua di impasto da parte degli elementi; una accortezza molto importante da tenere in considerazione è quella di inumidire gli elementi prima della loro posa in opera.

Per quanto riguarda la scelta della malta da impiegare per il progetto occorre tenere presente che la malta non deve possedere caratteristiche minori del tipo M5 nei giunti della muratura armata e precompressa. I giunti che contengono armatura orizzontale prefabbricata devono di regola essere costituiti da malta ordinaria del tipo M2,5 o più resistente.

### 4.6.3. Calcestruzzo di riempimento

La scelta della classe di resistenza del calcestruzzo è dettata dalle possibili cause di degrado a cui può essere sottoposta la struttura durante la sua vita utile nelle condizioni ambientali in cui essa verrà a trovarsi e dalla normativa colombiana che viene presa in considerazione. Si è supposto che la struttura venga realizzata in un ambiente moderatamente umido in cui è possibile la corrosione delle armature promossa da carbonatazione.

Per la descrizione del calcestruzzo, occorre conoscere la resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo di riempimento,  $f_{ck}$ , da utilizzare in fase di progetto, e la resistenza caratteristica a taglio del calcestruzzo di riempimento,  $f_{cvk}$ , che può essere assunta nella progettazione.

Il calcestruzzo di riempimento deve avere una classe di resistenza caratteristica a compressione cilindrica/cubica, non minore di 12/15 N/mm<sup>2</sup>. Nel getto del solaio però questa tipologia di calcestruzzo non può essere impiegata, da normativa colombiana, in quanto il minimo di  $f_{ck}$  consentito è di 21MPa, pertanto si andrà a gettare un calcestruzzo con  $f_{ck} = 21\text{MPa}$  perché possiede caratteristiche di resistenza chiaramente migliori.

Il valore di progetto della resistenza a compressione è  $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \times 25/1.5 = 14.2 \text{ MPa}$ .

Il valore del modulo elastico del calcestruzzo, determinato secondo le indicazioni delle normative colombiane è 21538 MPa.

La lavorabilità del calcestruzzo di riempimento deve essere tale da garantire che le cavità vengano completamente riempite.

### 4.6.4. Armatura di rinforzo

L'acciaio per l'armatura prevede come parametro fondamentale la resistenza caratteristica  $f_{yk}$ ; nel caso in progetto è pari a 240 N/mm<sup>2</sup>. La normativa colombiana prevede di impiegare un acciaio con resistenza caratteristica compresa tra 240MPa e 420MPa; rimanendo nel concetto della auto-costruzione e prevedendo quindi che si andrà ad impiegare un acciaio meno resistente ma allo stesso tempo meno costoso, si prenderanno armature con acciaio da 240MPa di resistenza.

Il modulo di elasticità può essere assunto con  $E=200000$  MPa

L'armatura deve essere concentrata principalmente agli estremi verticali ed orizzontali del pannello murario.

L'armatura verticale va posta sempre in corrispondenza degli incroci tra i muri portanti ed in corrispondenza delle aperture (porte e finestre). L'armatura orizzontale (per solai fino a 4m) corrisponde con l'armatura dei cordoli.

L'armatura viene annegata all'interno del conglomerato cementizio secondo le prescrizioni e le indicazioni di progetto. Occorre prestare particolare attenzione alle tolleranze di posizionamento (sia in direzione verticale che in direzione orizzontale) e allo spessore del copriferro (distanza tra le superfici dell'armatura metallica più esterna e la superficie esterna prossima al calcestruzzo).

Le armature verticali ed orizzontali devono essere opportunamente protette dal conglomerato cementizio (quelle verticali) e dalla malta (quelle orizzontali) per uno spessore sufficiente a garantire la loro protezione.

#### 4.7. Descrizione del Sistema Strutturale

Per l'analisi della struttura, si sono presi in considerazione due diversi casi ipotetici, configurati con i casi seguenti:

##### 4.7.1. Caso 1 : modulo singolo

Struttura composta da 1 modulo in pianta di area (4.49x4.49) mq; l'altezza interna del singolo piano è di 2,40m, la copertura è praticabile, perciò si è considerato un parapetto con le stesse caratteristiche del muro e altezza 1.1 m, la struttura ha una altezza complessiva fuori terra di ai 9.02m

La pianta del piano sarà quindi sostanzialmente simmetrica.

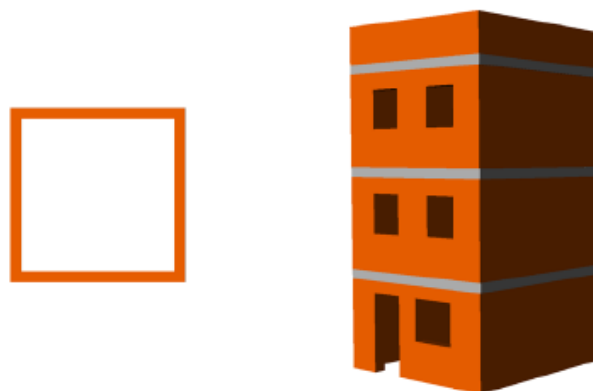


Figura 4.31 : Modulo singolo

#### Caratteristiche geometriche dell'edificio

	(m)
Altezza muro	2.4
Altezza cordolo	0.24
Altezza parapetto	1.1
Altezza edificio	9.02
h media copertura	7.92
Luce tra muri	3.91
Interasse travetti	0.6

Area muratura portante/cordoli (X + Y) (m2)	4.87
Area del solaio di piano (X + Y) (m2)	15.31

### Schema resistente e aree d'influenza

Lo schema resistente è composto da due elementi murari in direzione X, nominati come X1 e X2, e due elementi murari in direzione Y, nominati Y1 e Y2. Con la direzione delle nervature del solaio in direzione Y, si è individuata l'area di solaio (figura xx) che compete a ogni singolo muro, per quelli in direzione parallela alla tessitura dei travetti si è considerata una striscia di larghezza pari all'interasse fra i travetti (60 cm).

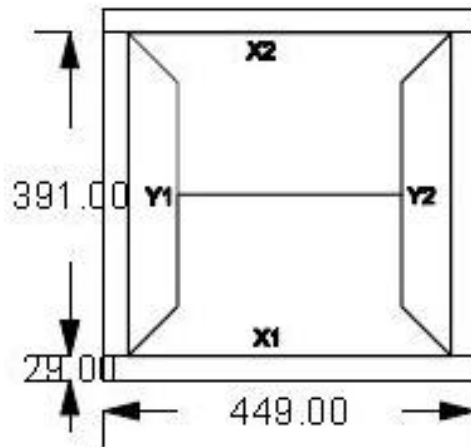


Figura 4.32 : Pianta piano tipo: aree di solaio gravanti sui muri

#### Piano Tipo

Parete	spessore t (m)	Lunghezza D (m)	Area A (m <sup>2</sup> )	Solaio sx (m <sup>2</sup> )	Solaio dx (m <sup>2</sup> )	Totale solaio (m <sup>2</sup> )
X1	0.29	4.49	1.30	0	5.67	5.67
X2	0.29	4.49	1.30	5.67	0	5.67
Y1	0.29	3.91	1.13		1.99	1.99
Y2	0.29	3.91	1.13	1.99		1.99
		16.8	4.87	7.65	7.65	15.31

#### 4.7.2. Caso 2 : 4 moduli collegati

Struttura composta da 4 moduli di area (4.49x4.49) mq in modo da ottenere un'area in pianta di (8.69x8.69) mq; l'altezza interna del singolo piano è stata pensata di 2,40m, la copertura è praticabile, perciò si è considerato un parapetto con le stesse caratteristiche del muro e altezza 1.1 m, la struttura ha una altezza complessiva fuori terra di ai 9.02m

La pianta del piano sarà quindi sostanzialmente simmetrica.



Figura 4.33 : Quattro moduli affiancati

#### Caratteristiche geometriche dell'edificio

	(m)
Altezza muro	2.4
Altezza cordolo	0.24
Altezza parapetto	1.1
Altezza edificio	9.02
h media copertura	7.92
Luce tra muri	3.91
Interasse travetti	0.6

Area muratura portante (X + Y) (m2)	14.36
Area del solaio di piano (X + Y) (m2)	61.23

### Schema resistente e aree d'influenza

Lo schema resistente è composto da tre elementi murari in direzione X, nominati come X1-X3, e sei elementi murari in direzione Y, nominati Y1 – Y6. Con la direzione delle nervature del solaio in direzione Y, si è individuata l'area di solaio (figura xx) che compete a ogni singolo muro, per quelli in direzione parallela alla tessitura dei travetti si è considerata una striscia di larghezza pari all'interasse fra i travetti (60 cm).

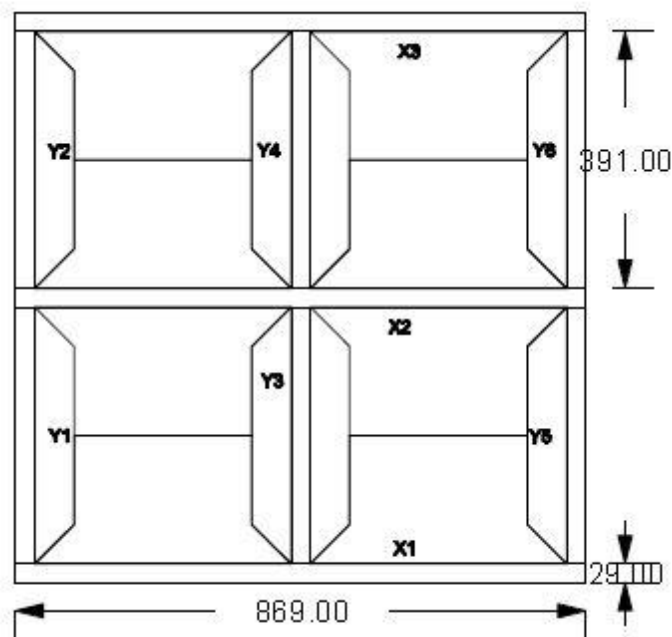


Figura 4.34 : Pianta piano tipo: aree di solaio gravanti sui muri

Piano Tipo

Parete	spessore t (m)	Lunghezza D (m)	Area A (m <sup>2</sup> )	Solaio sx (m <sup>2</sup> )	Solaio dx (m <sup>2</sup> )	Totale solaio (m <sup>2</sup> )
X1	0.29	8.69	2.52	0	11.33	11.33
X2	0.29	8.69	2.52	11.33	11.33	22.66
X3	0.29	8.69	2.52	11.33	0	11.33
Y1	0.29	3.91	1.13	0	1.99	1.99
Y2	0.29	3.91	1.13	0	1.99	1.99
Y3	0.29	3.91	1.13	1.99	1.99	3.98
Y4	0.29	3.91	1.13	1.99	1.99	3.98
Y5	0.29	3.91	1.13	1.99	0	1.99
Y6	0.29	3.91	1.13	1.99	0	1.99
		49.53	14.36	30.62	30.62	61.23

## 4.8. Analisi dei carichi

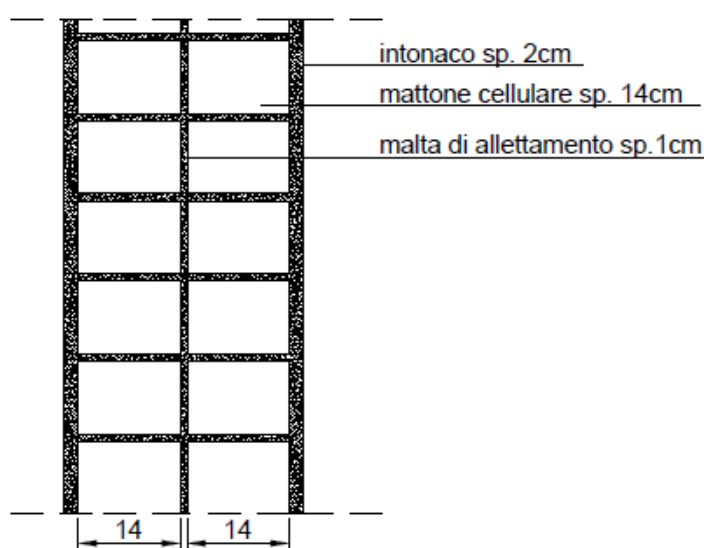
Come accennato in precedenza, il progetto tende alla realizzazione di una abitazione su tre piani fuori terra in muratura armata.

In questa sezione viene sviluppata l'analisi dei carichi gravanti sulla struttura, suddivisa per elementi tecnici: partizioni verticali (interne e di chiusura), partizioni orizzontali (interne e di copertura come già descritto, presentano la stessa stratigrafia).

### 4.8.1. Carichi permanenti

Nel calcolo del peso della partizione verticale esterna, si considera che il muro non è completamente pieno di calcestruzzo ma questo si trova solo all'incrocio con gli altri muri.

Partizione verticale



**Partizione verticale esterna**

Elemento	sp (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Q (kg/m <sup>2</sup> )	Q (kN/m <sup>2</sup> )
intonaco esterno	0.02	2000	40	0.39
muratura	0.14		129	1.27
malta	0.01	2100	21	0.21
muratura	0.14		129	1.27
calcestruzzo riempimento	0.208	172	36	0.35
intonaco interno	0.02	2000	40	0.39
<b>Totale</b>	<b>0.33</b>		<b>394.69</b>	<b>3.87</b>

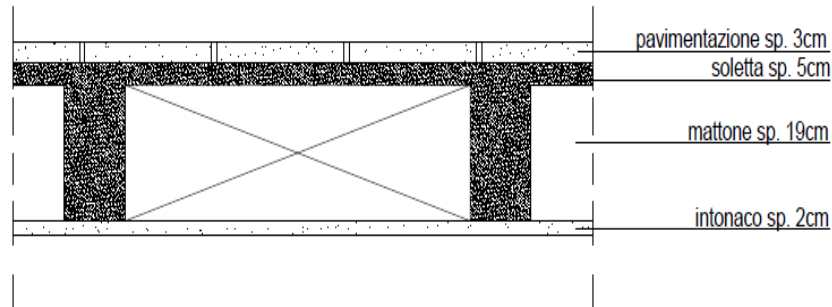


Mitigare il disagio abitativo nei paesi dell'America Latina:  
Proposta di linee guida per la auto-costruzione di abitazioni a Bogotá, in Colombia

**Partizione verticale interna**

Elemento	sp (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Q (kg/m <sup>2</sup> )	Q (kN/m <sup>2</sup> )
intonaco	0.02	2000	40	0.39
mattone	0.14		129	1.27
intonaco	0.02	2000	40	0.39
<b>Totale</b>	<b>0.18</b>		<b>209</b>	<b>2.05</b>

Partizione orizzontale



**Travetto**

larghezza base cls (m)	0.14
separazione (m)	0.60

**Peso solaio alleggerito con travetti prefabbricati**

Elemento	sp (m)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )	Q (kg/m <sup>2</sup> )	Q (kN/m <sup>2</sup> )
piastrelle ceramica	0.02	2400	48	0.47
Malta	0.01	2100	21	0.21
Soletta in c.a.	0.05	2500	125	1.23
Travetto	0.19		110.8333333	1.09
Blocco alleggerimento	0.19	12	2.32	0.02
Intonaco	0.01	2000	20	0.20
<b>Totale</b>	<b>0.28</b>		<b>327.16</b>	<b>3.21</b>
Parete interna			64.14	0.63
<b>Totale</b>			<b>391.30</b>	<b>3.84</b>

Per i collegamenti tra gli elementi verticali e i solai, si sono utilizzati cordoli in cemento armato di altezza uguale al solaio (24 cm) e larghezza uguale a quella del muro (29 cm).

**Cordolo**

h (m)	$\rho$ cls armato (kg/m <sup>3</sup> )	Q (kg/m <sup>2</sup> )	Q (kN/m <sup>2</sup> )
0.24	2400	576	5.65

## CAPITOLO 4: Proposta costruttiva per la Auto-costruzione

### Scale

Elemento	sp (m)	Densità (kg/m3)	Q (kg/m2)	Q (kN/m2)
piastrelle ceramica	0.02	2400	48.00	0.47
Malta	0.01	2100	21.00	0.21
Soletta in c.a.	0.15	2500	375.00	3.68
intonaco	0.02	2000	40.00	0.39
Parapetto			61.16	0.6
<b>Totale carichi permanenti</b>			545.16	5.35
Carico variabile				4
<b>Totale carichi</b>				9.35

### Peso della struttura

	Muri				Cordoli		Solaio		
	h (m)	lunghezza tot (m)	W muratura (KN/m2)	W muri (KN)	W cordoli (KN/m2)	W cordoli (KN)	A tot solaio (m2)	W solaio (KN/m2)	W solaio (KN)
Piano Terra	2.40	16.8	3.87	156.11	5.65	22.78	15.31	3.84	58.76
Piano Primo	2.40	16.8	3.87	156.11	5.65	22.78	15.31	3.84	58.76
Piano Secondo	2.40	16.8	3.87	156.11	5.65	22.78	15.31	3.84	58.76
Copertura	1.10	16.8	3.87	71.55	5.65		15.31	3.84	
<b>Totale</b>				539.89		68.35			176.29

<b>Peso totale struttura</b>	784.53 KN	79973 kg	79.97 Ton
------------------------------	-----------	----------	-----------

#### 4.8.2. Azione del vento

Il vento induce sulla costruzione azioni che variano nel tempo, si manifestano come pressioni che agiscono direttamente sulla superficie esterna e interna della struttura, queste pressioni sono equivalenti a forze normali alla superficie su cui sono applicate.

La risposta della struttura alle azioni del vento dipende sia da caratteristiche proprie come la dimensione, la forma e le proprietà dinamiche della struttura stessa, che da valori che dipendono dalla sua localizzazione, tali, la altezza di riferimento, la rugosità del terreno, la orografia, perciò si è deciso di calcolare la azione del vento secondo il *Reglamento Colombiano de Construccion Sismo Resistente NSR-10*

Il Capitolo B.6 della NSR-10 presenta i metodi per il calcolo delle forze di progetto. Per l'applicazione del metodo semplificato la struttura deve avere una altezza media uguale o minore di 18 metri, avere una forma regolare in pianta e copertura piana, una copertura a due falde con angolo minore di 45 gradi oppure una copertura a quattro falde con angolo minore a 27 gradi.

Siccome la struttura soddisfa i requisiti, si sono calcolate le pressione di vento di progetto,  $P_s$ , tramite la formula:

$$P_s = \lambda K_{zt} I P_{S10}$$

Dove,

$\lambda$	= 1.45	fattore di correzione dovuto all'altezza ed esposizione
$K_{zt}$	= 1	fattore topografico
$I$	= 0.77	fattore d'importanza
$P_{S10}$		pressione del vento di progetto, con $h = 10$ m

Dalla figura 4.35 delle zone di minaccia del vento nel territorio colombiano, si trova la velocità del vento  $V$  secondo la localizzazione della struttura. Siccome il progetto è pensato per essere sviluppato in tutta la regione colombiana, è stato preso il caso più sfavorevole, quindi la regione 5 con una velocità del vento di 36 m/s oppure 130 km/h.

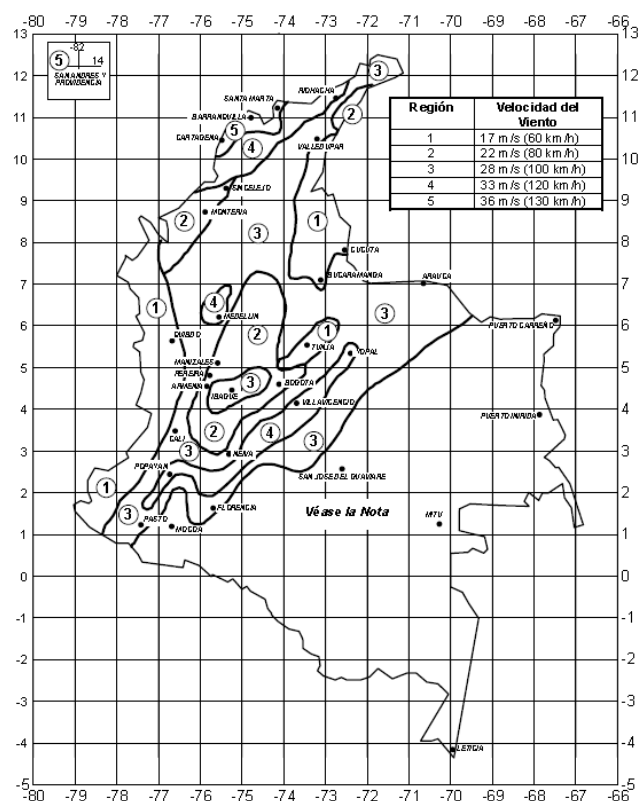


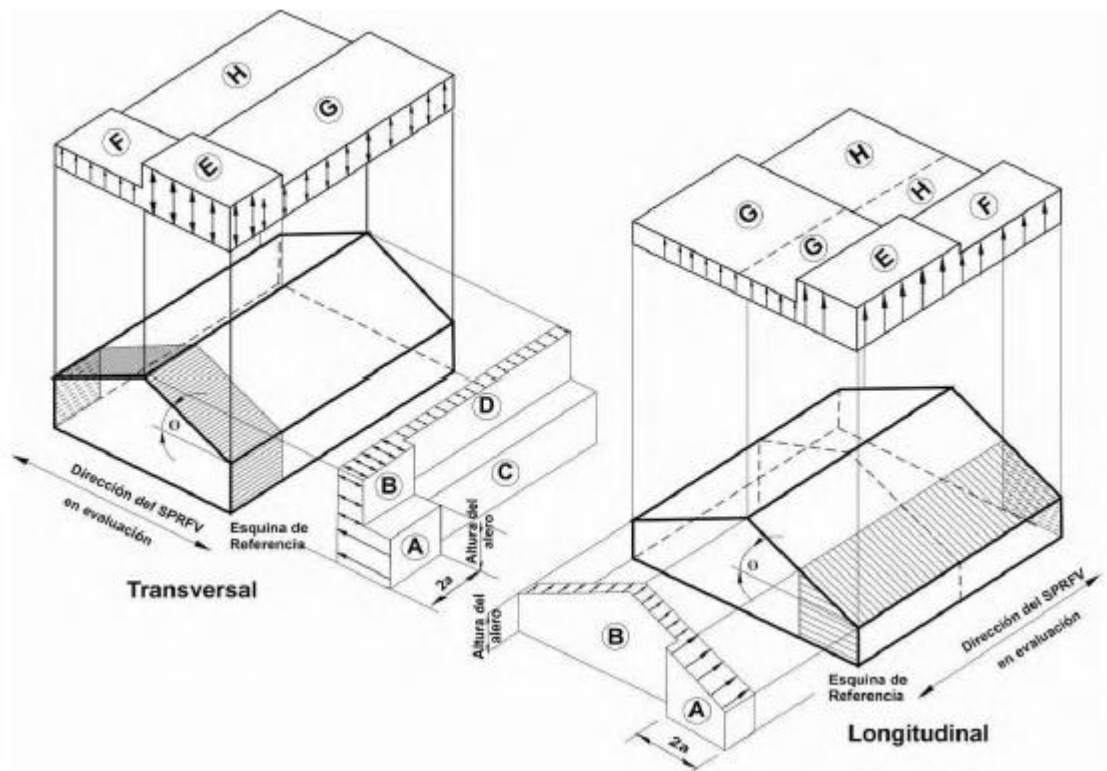
Figura 4.35 : Mappa della velocità del vento

Il fattore d'importanza,  $I = 0.77$ , si è determinato dalla NSR-10 per strutture classificate nel Gruppo di uso I, di occupazione normale.

La categoria di esposizione a sopravvento dipende dalla rugosità del terreno, la topografia naturale e la vegetazione. Per il progetto si è scelta l'esposizione più sfavorevole per il calcolo, quindi la esposizione D, che corrisponde ad aree piane e senza nessun ostacolo.

La pressione del vento di progetto,  $P_{S10}$ , dalla tabella 4.1 della NSR-10, tenendo conto delle zone orizzontali e verticali di pressione, si calcola come la somma delle pressione interne ed esterne applicate alle superfici orizzontali e verticali dell'edificio. Nel caso della pressione orizzontale, è la combinazione delle pressioni nette a sopravvento e sottovento.

$P_{S10}$ orizzontale	1.24 KN/m <sup>2</sup>	$P_s$ orizzontale	1.38 KN/m <sup>2</sup>
$P_{S10}$ verticali	-1.61 KN/m <sup>2</sup>	$P_s$ verticale	-1.80 KN/m <sup>2</sup>



Las zonas de presión representan lo siguiente:

Zonas Horizontales de Presión – Suma de las presiones netas (internas y externas) a barlovento y sotavento, en la proyección vertical de:

- A – Zona final del muro
- B – Zona final de la cubierta
- C – Zona interior del muro
- D – Zona interior de la cubierta

Zonas Verticales de Presión – Suma de las presiones netas (internas y externas), en la proyección horizontal de:

- E – Zona final de cubierta a barlovento
- F – Zona final de cubierta a sotavento
- G – Zona interior de cubierta a barlovento
- H – Zona interior de cubierta a sotavento

Velocidad Básica de Viento m/s (km/h)	Angulo de Inclinación de la cubierta (grados)	Caso de Carga	Zonas									
			Presiones Horizontales				Presiones Verticales				Aleros	
			A	B	C	D	E	F	G	H	E <sub>OH</sub>	G <sub>OH</sub>
36 (130)	0 a 5	1	0.50	-0.26	0.33	-0.15	-0.60	-0.34	-0.41	-0.26	-0.83	-0.65
	10	1	0.56	-0.23	0.37	-0.13	-0.60	-0.36	-0.41	-0.28	-0.83	-0.65
	15	1	0.62	-0.21	0.41	-0.12	-0.60	-0.39	-0.41	-0.30	-0.83	-0.65
	20	1	0.69	-0.18	0.46	-0.10	-0.60	-0.41	-0.41	-0.32	-0.83	-0.65
	25	1	0.62	0.10	0.45	0.10	-0.28	-0.38	-0.20	-0.30	-0.51	-0.44
		2	--	--	--	--	-0.10	-0.20	-0.03	-0.13	--	--
	30 a 45	1	0.56	0.38	0.44	0.30	0.04	-0.34	0.01	-0.29	-0.19	-0.22
2		0.56	0.38	0.44	0.30	0.22	-0.17	0.19	-0.12	-0.19	-0.22	

Tabella 4.1 : Pressione di vento del progetto

### 4.8.3. Azione sismica

Il sistema strutturale si progetta in modo tale che abbia le caratteristiche di resistenza corrette per un comportamento adeguato sotto l'azione di un dato sisma. Si deve verificare la struttura sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto che si determina in base al rischio locale; come nel caso dell'azione del vento, si è deciso di calcolare l'azione sismica secondo *il Reglamento Colombiano de Construccion Sismo Resistente NSR-10*.

I movimenti sismici di progetto si possono rappresentare tramite lo spettro elastico di progetto, la normativa prescrive un procedimento per determinare gli effetti locali della trasmissione delle onde sismiche nel suolo esistente sotto la struttura. Quindi i movimenti sismici di progetto possono essere definiti in base alla normativa, oppure secondo movimenti sismici diversi se ottenuti da uno studio dettagliato, come studi di microzonazione sismica o studi sismici particolari per il luogo. Nel presente lavoro si è calcolato lo spettro elastico di progetto sia tramite il procedimento dato da normativa, sia secondo la microzonazione sismica di Bogotá.

#### Periodo fondamentale della struttura

Il periodo approssimato ipotizzando la massa dell'edificio uniformemente distribuita per tutta la sua altezza, si calcola come:

$$T = C_1 H^{3/4}$$

Tenendo conto della progressività della struttura, si calcola l'altezza nelle tre fasi di costruzione, e si calcolano i rispettivi periodi. Si vedrà come, in tutti i casi i periodi siano minori a  $T_c$  (Periodo di vibrazione dello spettro, ), il che semplifica i calcoli ad un unico spettro di progetto per tutte le fasi della costruzione.

Piano	H (m)	T1 (s)
Terra	3.74	0.13
Primo	6.38	0.20
Secondo	9.02	0.26

### Spettro di progetto secondo la NSR-10

I movimenti sismici si definiscono in base all'accelerazione di picco effettiva, rappresentata dal parametro  $A_a$ , e la velocità di picco effettiva, rappresentata da  $A_v$ , con una probabilità di occorrenza del 10% in un periodo di 50 anni. Questi valori si ottengono utilizzando la mappa della Colombia di valori de  $A_a$  (figure 4.30) e la mappa della Colombia di valori di  $A_v$  (figura 4.30) in funzione del sito di progetto.

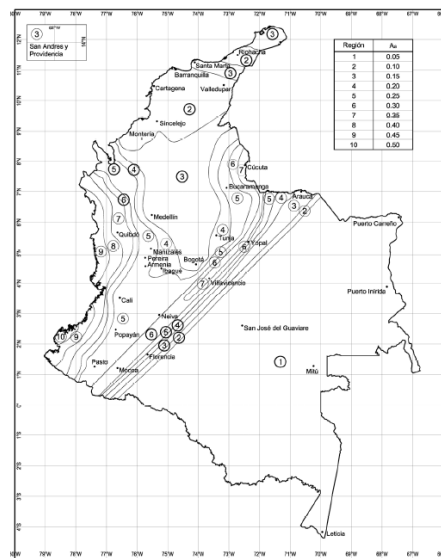


Figura A.2.32 — Mapa de valores de  $A_a$

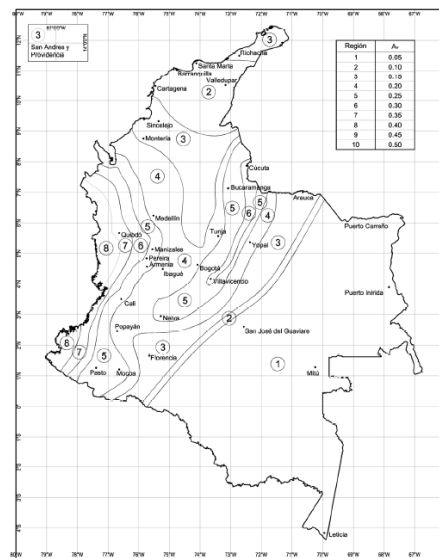


Figura A.2.33 — Mapa de valores de  $A_v$

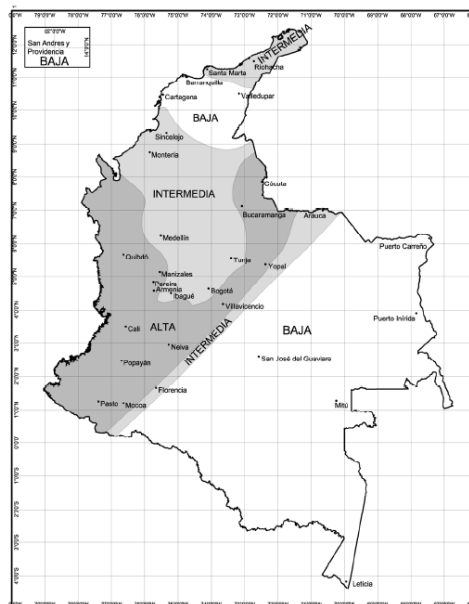


Figura A.2.3-1 — Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de  $A_a$  y  $A_v$

Figura 4.30 : Mappe dei parametri  $A_a$  e  $A_v$

Con i valori di  $A_a$  e  $A_v$  e la figura 430 si può individuare la zona di minaccia sismica di progetto, nella seguente maniera:

Zona pericolosità sismica	Valori $A_a$ e $A_v$
Bassa	$A_a, A_v \leq 0.10$
Intermedia	$0.10 < A_a, A_v \leq 0.20$
Alta	$A_a, A_v \geq 0.20$

Per il caso studio, ed avendo individuato come obiettivo del progetto una zona di pericolosità sismica bassa e intermedia, si è assunto il valore massimo di  $A_a$  e  $A_v$  per la zona intermedia, pari a 0.20.

Si prevedono due fattori di amplificazione dello spettro per effetto del luogo,  $F_a$  e  $F_v$ , che affettano rispettivamente la zona dello spettro dei periodi piccoli e intermedi. Gli effetti locali della risposta sismica si devono valutare in base al profilo del suolo, la normativa ne definisce sei tipi (tabella xx). Un Ingegnere geotecnico previo studio collocherà il suolo di interesse in un dato profilo.

Una volta determinato lo stesso ed il valore  $A_a$  si individuano nelle tabelle 4.2 e 4.3, i coefficienti  $F_a$  e  $F_v$ . Per effetto del presente studio si assume un profilo di suolo E, e quindi rispettivamente di valori di 1.7 e 3.2.

Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500$ m/s > $\bar{v}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760$ m/s > $\bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$ , o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa ( $\approx 1$ kgf/cm <sup>2</sup> )
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360$ m/s > $\bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$ , o $100$ kPa ( $\approx 1$ kgf/cm <sup>2</sup> ) > $\bar{s}_u \geq 50$ kPa ( $\approx 0.5$ kgf/cm <sup>2</sup> )
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180$ m/s > $\bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total $H$ mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50$ kPa ( $\approx 0.50$ kgf/cm <sup>2</sup> ) > $\bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: $F_1$ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. $F_2$ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ( $H > 3$ m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). $F_3$ — Arcillas de muy alta plasticidad ( $H > 7.5$ m con Índice de Plasticidad $IP > 75$ ) $F_4$ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ( $H > 36$ m)	

Tabella 4.2 : Coefficiente profilo del suolo



**Valores del coeficiente  $F_a$ , para la zona de periodos cortos del espectro**

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
<b>A</b>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
<b>B</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>C</b>	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
<b>D</b>	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
<b>E</b>	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
<b>F</b>	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A2.10.

**Valores del coeficiente  $F_v$ , para la zona de periodos intermedios del espectro**

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
<b>A</b>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
<b>B</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>C</b>	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
<b>D</b>	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
<b>E</b>	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
<b>F</b>	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A2.10.

Tabella 4.3 : Valori dei coefficienti  $F_a$  e  $F_v$

Inoltre si identifica in coefficiente di importanza che modifica lo spettro, in questo caso  $I = 1.00$ , per strutture classificate nel Gruppo di uso I, di occupazione normale.

Una volta calcolati i parametri, si è calcolato lo spettro delle accelerazioni, espresso come frazione della gravità, per un coefficiente del 5 % di smorzamento critico, tramite le equazioni ed il grafico di figura 4.31

$$A_a = 0.20$$

$$A_v = 0.20$$

$$F_a = 1.7$$

$$F_v = 3.2$$

$$T_o = 0.19$$

$$T_C = 0.90$$

$$T_L = 7.68$$

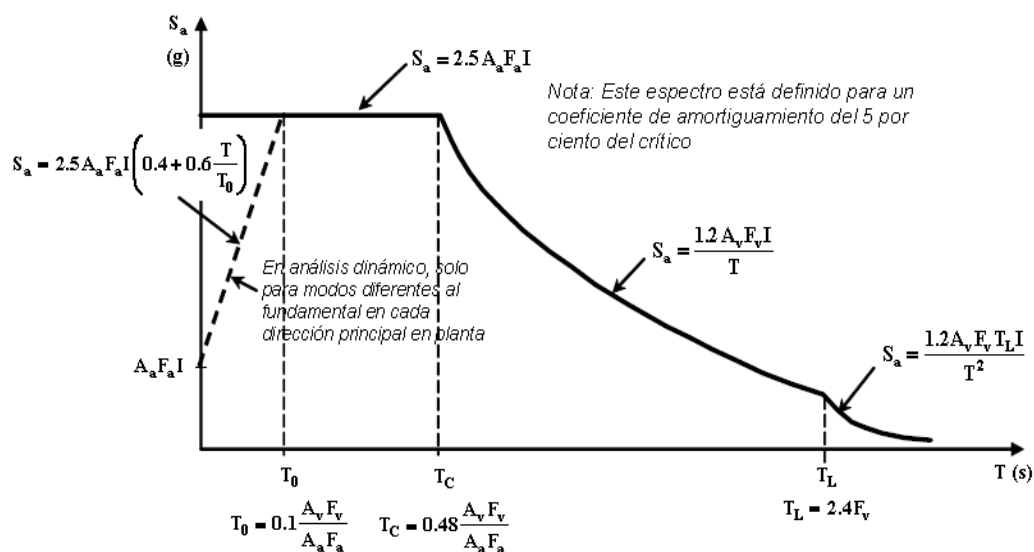


Figura 4.31 : Spettro elastico di accelerazione

- $A_a$ : Coefficiente che rappresenta l'accelerazione orizzontale picco effettiva di progetto
- $A_v$ : Coefficiente che rappresenta la velocità orizzontale picco effettiva di progetto
- $A_o$ : Accelerazione orizzontale di picco effettiva del terreno in superficie
- $F_a$ : Coefficiente di amplificazione dello spettro per effetto del luogo (affetta la zona dello spettro dei periodi piccoli)
- $F_v$ : Coefficiente di amplificazione dello spettro per effetti del luogo (affetta la zona dello spettro dei periodi piccoli)
- $I$ : Coefficiente di importanza
- $T_c$ : Periodo di vibrazione che corrisponde alla transizione tra le zone ad accelerazione costante e la parte decrescente dello spettro
- $T_L$ : Periodo lungo

### Spettro di progetto secondo la Microzonazione Sismica di Bogotá

La microzonazione sismica di Bogotá è stata eseguita nel periodo tra il 1994 – 1997, ed aggiornata recentemente tramite il decreto 523 del 2010. Lo studio definisce zone di comportamento omogeneo nella città, caratterizzate da particolari parametri utili per la costruzione dello spettro di progetto.

Mitigare il disagio abitativo nei paesi dell'America Latina:  
Proposta di linee guida per la auto-costruzione di abitazioni a Bogotá, in Colombia

Zona	Espesor del depósito (m)	Periodo fundamental del suelo (s)	Descripción Geotécnica General	Velocidad onda promedio 50 m Vs (m/s)	Humedad Promedio 50 m Hn (%)	Efectos de sitio relacionados
Cerro	-	< 0.3	Rocas sedimentarias y depósitos de ladera con espesores inferiores a 6 m	> 750	< 10	Topográfico
Piedemonte A	< 50	0.3-0.6	Suelo coluvial y aluvial con intercalaciones de arcillas blandas: Bloques, cantos y gravas con matriz arcillo arenosas o areno arcillosa, capas de arcillas blandas.	200 - 750	10 - 80	Topográfico, amplificación
Piedemonte B	< 50	0.3-0.6	Suelo coluvial y aluvial con espesor superior a 12 m: Bloques, cantos y gravas con matriz arcillo arenosas o areno arcillosa	300 - 750	10 - 30	Topográfico, amplificación
Piedemonte C	< 50	0.3-0.6				
Lacustre-50	< 50	1.0-1.5	Suelo lacustre blando: Arcillas limosas o limos arcillosos, en algunos sectores con intercalaciones de lentes de turba	< 175	> 80	Amplificación
Lacustre-100	50-100	1.5-2.5				Amplificación
Lacustre-200	100-200	2.5-3.5				Amplificación
Lacustre-300	200-300	3.5-4.5				Amplificación
Lacustre-500	300-500	4.5-6.5				Amplificación
Lacustre Aluvial-200	100-200	2.0-3.0	Suelo lacustre con intercalaciones de aluvial: Arcillas limosas o limos arcillosos con lentes de turba y capas de arenas compactas	< 200	> 60	Amplificación
Lacustre Aluvial-300	200-300	3.0-4.0				Amplificación
Aluvial-50	< 50	0.4-0.8	Suelo aluvial duro: Arcillas limosas o arenas arcillosos o limos arenosos, en algunos sectores se encuentran lentes de arenas limpias	175 - 300	25 - 50	Amplificación, licuación
Aluvial-100	50-100	0.8-1.2				Amplificación, licuación
Aluvial-200	100-200	1.2-2.5				Amplificación, licuación
Aluvial-300	200-300	2.5-4.0				Amplificación, licuación
Depósito Ladera	6-25	< 0.3	Depósitos de ladera con espesores superiores a 6 m de composición variable.	Variable según depósito	Variable según el tipo de depósito	Topográfico

Figura 4.32 : Descrizione delle zone di risposta sismica



Zona	$F_a$ (475)	$F_v$ (475)	$T_c$ (s)	$T_L$ (s)	$A_0$ (475) (g)
CERROS	1.35	1.30	0.62	3.0	0.18
PIEDEMONTA A	1.65	2.00	0.78	3.0	0.22
PIEDEMONTA B	1.95	1.70	0.56	3.0	0.26
PIEDEMONTA C	1.80	1.70	0.60	3.0	0.24
LACUSTRE-50	1.40	2.90	1.33	4.0	0.21
LACUSTRE-100	1.30	3.20	1.58	4.0	0.20
LACUSTRE-200	1.20	3.50	1.87	4.0	0.18
LACUSTRE-300	1.05	2.90	1.77	5.0	0.16
LACUSTRE-500	0.95	2.70	1.82	5.0	0.14
LACUSTRE ALUVIAL-200	1.10	2.80	1.63	4.0	0.17
LACUSTRE ALUVIAL-300	1.00	2.50	1.60	5.0	0.15
ALUVIAL-50	1.35	1.80	0.85	3.5	0.20
ALUVIAL-100	1.20	2.10	1.12	3.5	0.18
ALUVIAL-200	1.05	2.10	1.28	3.5	0.16
ALUVIAL-300	0.95	2.10	1.41	3.5	0.14
DEPÓSITO LADERA	1.65	1.70	0.66	3.0	0.22

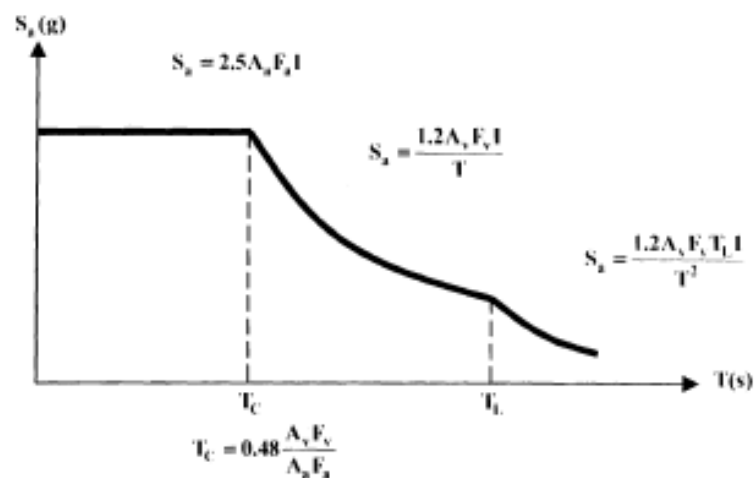
Figura 4.34 : Tabella dei coefficienti per la costruzione dello spettro

Per il caso studio si analizza il caso con i fattori di amplificazione  $F_a$  ed  $F_v$  più sfavorevoli.

zona	$F_a$	$F_v$	$T_c$	$T_L$	$A_0$ (g)
Piemonte B	1.95	1.7	0.56	3	0.26

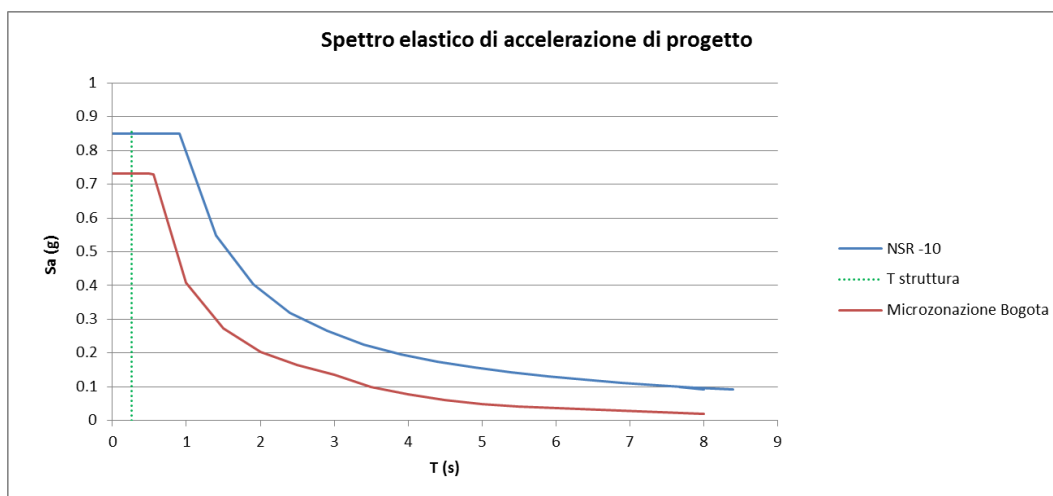
$A_a$	0.15 g
$A_v$	0.20 g

### 3.2. Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del critico



To: Periodo di vibrazione dal quale inizia la zona di accelerazione costante dello spettro

Il grafico sottostante presenta i due spettri di risposta trovati con le procedure descritte in precedenza, e con periodo  $T_1$  pari a 0,26 s. Lo spettro dato dalla microzonazione sismica mostra valori più bassi rispetto alla normativa NSR-10. Per rimanere dal lato della sicurezza si è deciso di utilizzare questa ultima, tenendo conto che così la struttura potrebbe essere progettata in ogni zona della Colombia. Si è trovato quindi un valore di  $S_a$ , o in termine dell'Eurocodice  $S_d$ , pari a 0.85 g.



## Forze di piano

Il metodo impiegato per l'analisi del sistema di resistenza sismica della struttura è quello delle forze laterali, contemplato sia dall'Eurocodice che dalla NSR-10, nel quale però viene nominato come metodo della forza orizzontale equivalente. Questo metodo considera gli effetti delle azioni agenti sulla struttura nella situazione sismica di progetto, sulla base di un comportamento della struttura di tipo elastico-lineare.

La forza di taglio alla base equivalente, in termini di sollecitazione, agli effetti dei movimenti sismici di progetto per ognuna delle direzioni orizzontali in cui l'edificio è analizzato, si è calcolata utilizzando la seguente espressione:

$$V_s = S_a (T_1) g M$$

Nell'effetto provocato dal sisma di progetto, si tiene conto della capacità di dissipazione dell'energia del sistema strutturale. Si divide quindi la forza sismica con il coefficiente di capacità di dissipazione R, che dipende dal sistema strutturale, l'irregolarità dell'edificio, e i requisiti di progetto dei materiali. In questo modo si trova la forza sismica ridotta di progetto.

$$R = \phi_a \phi_p \phi_r R_o$$

Dove,

$R_o = 2$	Coefficiente di capacità di dissipazione di energia basico, definito in base a il sistema strutturale e il grado di capacità di dissipazione di energia del materiale strutturale, Sistema strutturale muri in muratura parzialmente rinforzata di blocchi di perforazione verticale
$\phi_a = 0.9$	Coefficiente di riduzione dovuta all'irregolarità in altezza
$\phi_p = 0.9$	Coefficiente di riduzione dovuta all'irregolarità in pianta
$\phi_r = 1$	Coefficienti di riduzione
$R = 1.62$	Coefficiente di capacità di dissipazione di energia di progetto

La forza sismica orizzontale,  $F_x$ , da applicare ad ogni piano viene calcolata come:

$$F_x = C_{vx} V_s$$
$$C_{vx} = \frac{m_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n (m_i h_i^k)}$$

	Massa (kg)	Vs (KN)	E (KN)
Caso 1	79973	666.85	411.64
Caso 2	292128	2435.91	1503.65

Le forze sismiche di progetto per ogni piano risultano:

Caso 1:

piso	zi, altezza i (m)	mi, massa (kg)	zi * mi	Cvx	Fsi
PT	2.64	24226.25	63957.31	0.19	76.18 KN
P1	5.28	24226.25	127914.62	0.37	152.37 KN
P2	7.92	19406.91	153702.75	0.44	183.09 KN
Totali		67859.42	345574.68	1.00	411.64 KN

Caso 2:

piso	zi, altezza i (m)	mi, massa (kg)	zi * mi	Cvx	Fsi
PT	7.92	90208.25	714449.36	0.19	78.93 KN
P1	15.84	90208.25	1428898.72	4.13	1702.05 KN
P2	23.76	66607.77	1582600.56	4.58	1885.14 KN
Totali		247024.27	3725948.65	8.91	3666.12 KN



#### 4.9. Armatura

La presenza dell'acciaio all'interno della muratura consente di compensare alla mancanza di capacità di resistenza a trazione del mattone. In questo modo è possibile rispondere alle sollecitazioni di pressoflessione, facendo assorbire gli sforzi di trazione risultanti alla armatura presente.

L'armatura sarà disposta in modo da interagire come un insieme con la muratura, nel quale tutti gli elementi contribuiscono a resistere alle azione applicate.

Rispondendo alle richieste minime da normativa per l'armatura verticale di sezione non inferiore a  $4 \text{ cm}^2$  saranno disposte nelle estremità delle pareti, nelle intersezioni, e in corrispondenza delle aperture quattro barre continue  $\phi 12$ , disposte nelle cavità dei blocchi.

La percentuale minima di armatura verticale diffusa nella parete, valutata sull'area della sezione trasversale della stessa non deve essere inferiore a 0.05%, saranno quindi disposte 6 barre  $\phi 12$  disposte nella luce del muro.

Come armatura orizzontale saranno disposte due barre  $\phi 4$  nei ricorsi murari, a distanza massima di 60 mm, ogni 6 file di mattoni, corrispondente ad una percentuale di muratura maggiore al 0.05% riferita alla sezione trasversale della parete.

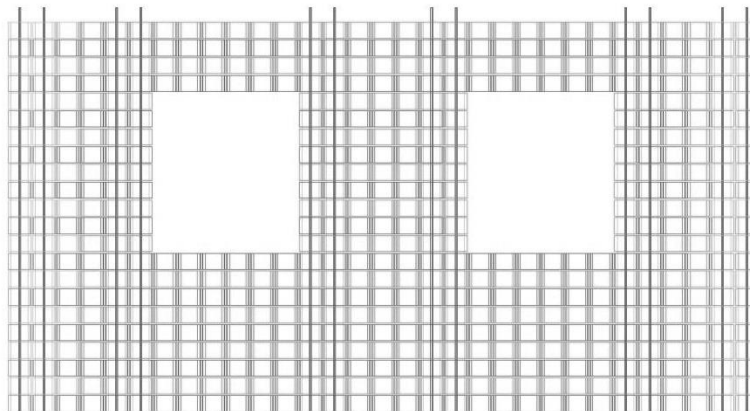


Figura 4.35 : Posizionamento delle armature per parete con finestre

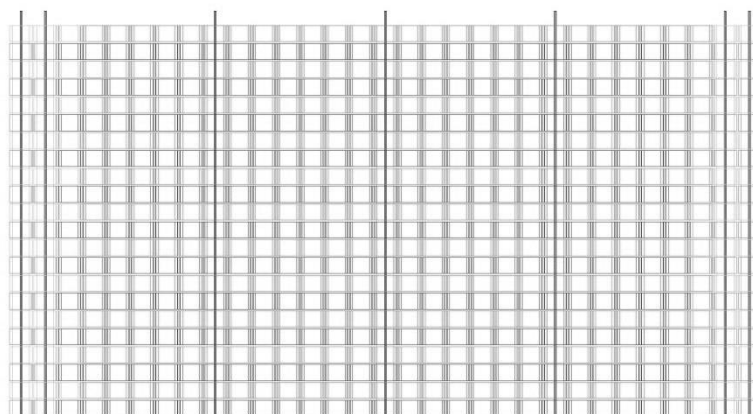


Figura 4.36 : Posizionamento delle armature per parete piena

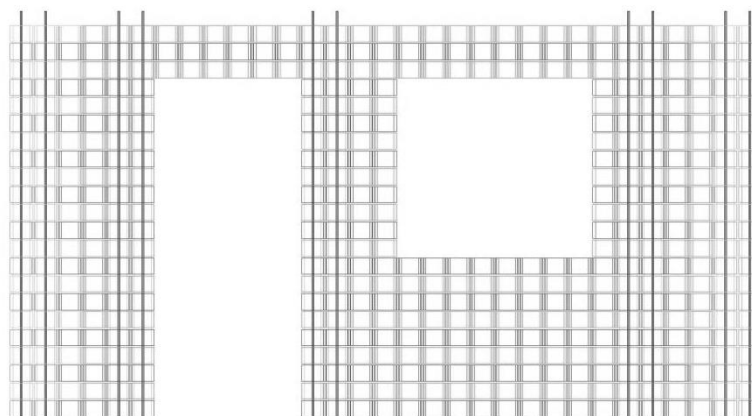


Figura 4.37 : posizionamento delle armature per parete con porta e finestra

#### 4.10. Analisi Strutturale

Dalla forma regolare dell'edificio, risulta sufficiente considerare soltanto una componente orizzontale nel caso che sia simmetrica; oppure si possono considerare le due componenti ma separatamente, ossia considerando prima la forza sismica in  $x$  e poi in  $y$ .

Considerando il solaio infinitamente rigido, si valutano solo deformazioni di scorrimento tra i piani. Le forze orizzontali sono state ripartite tra gli elementi resistenti in proporzione alla loro rigidezza, che tiene conto della deformabilità flessionale e dal taglio. La rigidezza di ogni parete, e la corrispondente forza che agisce su ognuna, sono state calcolate e rappresentate nelle tabelle 4.4 e 4.5, trascurando il contributo offerto dalla rigidezza trasversale delle pareti.

$$K = \frac{1}{\frac{h^3}{3EI} + \frac{12h}{AG}}$$
$$F_{x_i} = \left( \frac{K_{x_i}}{\sum K_{x_i}} + \frac{K_{x_i} (y_i - Y_R) E_y}{J_r} \right) F_x$$
$$F_{y_i} = \left( \frac{K_{y_i}}{\sum K_{y_i}} + \frac{K_{y_i} (x_i - X_R) E_x}{J_r} \right) F_y$$
$$J_r = \sum K_{x_i} (y_i - Y_R)^2 + \sum K_{y_i} (x_i - X_R)^2$$

Si sono verificate due elementi verticali in ogni caso, uno in ogni direzione. Nel Caso No.1 vengono verificate le pareti X2 e Y1 tutte e due con solaio gravante da destra e da sinistra.

Tablelle 4.4-4.5 : Percentuale di rigidezza delle pareti in ogni direzione

	L	CM	CR	e	eacc
x	4.49 m	2.25 m	2.25 m	0	0.22 m
y	4.49 m	2.25 m	2.25 m	0	0.22 m

Parete	spessore t (mm)	Lunghezza D (mm)	Area mm2	Ix mm4	Iy mm4	Kx (N/m)	Ky (N/m)	Kxi/ sum Kxi (%)	Kyi/ sum Kyi (%)	xi (mm)	yi (mm)	xi - CRx	yi - Cry	Rx (%)	Ry (%)
X1	290	4490	1302100.00	2.19E+12	9.13E+09	708212.98		50.00%	0.00%	2245	145	0	2100	50%	0%
X2	290	4490	1302100.00	2.19E+12	9.13E+09	708212.98		50.00%	0.00%	2245	4345	0	2100	50%	0%
Y1	290	3910	1133900.00	7.95E+09	1.44E+12	566892.68		0.00%	50.00%	145	2245	2100	0	0%	50%
Y2	290	3910	1133900.00	7.95E+09	1.44E+12	566892.68		0.00%	50.00%	4345	2245	2100	0	0%	50%
						1416425.96	1133785.37	100%	100%					100%	100%

	L	CM	CR	e	eacc
x	8.69 m	4.35 m	4.35 m	0	0.43 m
y	8.69 m	4.35 m	4.35 m	0	0.43 m

Parete	spessore t (mm)	Lunghezza D (mm)	Area mm2	Ix mm4	Iy mm4	Kx (N/m)	Ky (N/m)	Kxi/ sum Kxi (%)	Kyi/ sum Kyi (%)	xi (mm)	yi (mm)	xi - CRx	yi - Cry	Rx (%)	Ry (%)
X1	290	8690	2520100.00	1.59E+13	1.77E+10	1718114.14		33.33%	0.00%	4345	145	0	4200	33%	0%
X2	290	8690	2520100.00	1.59E+13	1.77E+10	1718114.14		33.33%	0.00%	4345	4345	0	0	33%	0%
X3	290	8690	2520100.00	1.59E+13	1.77E+10	1718114.14		33.33%	0.00%	4345	8545	0	4200	33%	0%
Y1	290	3910	1133900.00	7.95E+09	1.44E+12	566892.68		0.00%	16.67%	145	2245	4200	2100	0%	17%
Y2	290	3910	1133900.00	7.95E+09	1.44E+12	566892.68		0.00%	16.67%	145	6445	4200	2100	0%	17%
Y3	290	3910	1133900.00	7.95E+09	1.44E+12	566892.68		0.00%	16.67%	4345	2245	0	2100	0%	17%
Y4	290	3910	1133900.00	7.95E+09	1.44E+12	566892.68		0.00%	16.67%	4345	6445	0	2100	0%	17%
Y5	290	3910	1133900.00	7.95E+09	1.44E+12	566892.68		0.00%	16.67%	8545	2245	4200	2100	0%	17%
Y6	290	3910	1133900.00	7.95E+09	1.44E+12	566892.68		0.00%	16.67%	8545	6445	4200	2100	0%	17%
						5154342.42	3401356.11	100%	100%					100%	100%

#### 4.10.1. Verifiche a Pressoflessione e Taglio

Si determinano i carichi agenti sulla parete con l'analisi dei carichi degli elementi e i dati geometrici riportati in precedenza, la verifica viene realizzata per la parete più sollecitata del piano terra dell'edificio secondo quanto descritto dall'Eurocodice 2 e l'Eurocodice 8.

#### Calcolo delle Sollecitazioni sulle pareti X2 e Y1

##### Carichi Verticali

Si calcola il carico assiale permanente e variabile dei solaio, parete, cordoli e parapetto sovrastanti,

PARETE X2			
Carichi di Piano			
Permanenti (dx)	5.82 KN/m <sup>2</sup>	11.33 m <sup>2</sup>	65.89 KN
Variabili (dx)	2.00 KN/m <sup>2</sup>	11.33 m <sup>2</sup>	22.66 KN
Permanenti (sx)	5.82 KN/m <sup>2</sup>	11.33 m <sup>2</sup>	65.89 KN
Variabili (sx)	2.00 KN/m <sup>2</sup>	11.33 m <sup>2</sup>	22.66 KN
Peso proprio parete	3.87 KN/m <sup>2</sup>	20.86 m <sup>2</sup>	80.75 KN
Peso Proprio parapetto	3.87 KN/m <sup>2</sup>	9.56 m <sup>2</sup>	37.01 KN
Peso Proprio Cordolo	5.65 KN/m <sup>2</sup>	2.52 m <sup>2</sup>	14.24 KN
Carico vento verticale	1.80 KN/m <sup>2</sup>	11.33 m <sup>2</sup>	20.37 KN

G trasmesso del muro sovrastante la parete X2	N1G	527.56 KN
Q trasmesso del muro sovrastante la parete X2	N1Q	45.32 KN
G trasmesso del muro solaio all'appoggio	N'2G	146.02 KN
Q trasmesso del muro solaio all'appoggio	N'2Q	45.32 KN

##### Carichi Orizzontali

Secondo la ripartizione delle forze in proporzione alla rigidezza, la parete X2 in studio assorbe il 33% dell'azione sismica quando questa agisce in direzione  $x$ , invece quando il sisma agisce in direzione  $y$ , la parete Y1 prende il 17% del carico.

piso	Fsi per piano	PARETE X2			PARETE Y1		
		Rx (%)	Ry (%)	Fsi	Rx (%)	Ry (%)	Fsi
PT	78.81 KN	33%	0%	26.27 KN	0%	17%	13.13 KN
P1	1699.12 KN	33%	0%	566.37 KN	0%	17%	283.19 KN
P2	1882.87 KN	33%	0%	627.62 KN	0%	17%	313.81 KN
Totale	3660.80 KN	33%	0%	1220.27 KN	0%	17%	610.13 KN

Il momento alla base della parete è pari a 1226.26 KN/m

**Combinazione dei Carichi**

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Quindi,

$$N_{1d} = N_{1G} + \psi_{2i} N_{1Q} = 527.56 \text{ KN}$$

$$N'_{2d} = N_{2G} + \psi_{2i} N'_{2Q} = 146.02 \text{ KN}$$

Lo stato di sollecitazione alla base della parete X2 è:

$$N_d = N_{1d} + N'_{2d} + W_{p.p \text{ muro } X2} = 754.33 \text{ KN}$$

$$V = F_{S_{Y2}} = 205.54 \text{ KN}$$

$$M = M_{F_s} = 1226.26 \text{ KN/m}$$

**a) Verifica a Pressoflessione**

Nel lembo compreso della sezione estrema della muratura, avviene una condizione di rottura per pressoflessione nel piano del muro associata allo schiacciamento della muratura.

Quando la azione assiale è ridotta, l'estensione della zona compressa è modesta, avvengono quindi delle fessure flessionali e il muro tende a ribaltarsi.

Il calcolo si semplifica, tramite un'analisi *stress-block* della muratura in compressione, definendo uno *stress-block* rettangolare equivalente.

La verifica si effettua confrontando i momenti agenti ed ultimi resistenti, assumendo una muratura non resistente a trazione.

Le deformazione massime della muratura e l'acciaio teso pari a  $\varepsilon_m = 0.0035$  e  $\varepsilon_s = 0.001$ , rispettivamente.

Si suppongono le sollecitazioni normali, di taglio e flessione trovate al piano terra

$$\begin{array}{ll} N & 754.33 \text{ KN} \\ T & 205.54 \text{ KN} \\ M & 1226.26 \text{ KN m} \end{array}$$

con armatura  $A_s = 4.52 \text{ cm}^2$

E necessario stabilire in quale campo si deve operare; per fare ciò è necessario individuare l'armatura corrispondente alla zona A e B del sistema. Dove il punto B delimita le sezioni debolmente armate, mentre il punto A le sezioni fortemente armate.

Punto A, caratterizzato dai seguenti valori:

$$\xi = \frac{1}{\left(1 + \frac{f_{sd}/E}{\varepsilon_{m \max}}\right)} = 0.78$$

Valore critico,

$$\mu_A = 0.8 \xi f_d/f_{sd} = 0.54 \%$$

Corrispondente ad un'armatura effettiva  $A_s = 70.52 \text{ cm}^2$

Punto B:

$$\xi = \frac{1}{\left(1 + \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_{m \max}}\right)} = 0.26$$

$$\mu_B = 0.18 \%$$

$$A_s = 23.47 \text{ cm}^2$$

Siccome l'armatura è di solo  $4.52 \text{ cm}^2$ , si trova sicuramente nel campo 2, cioè a sollecitazioni di pressoflessione con bassa percentuale di armatura, quindi:

$$\alpha_s = 1$$

Coefficiente di adimensionamento,

$$w_s = \frac{A_s f_{sd}}{t D f_d} = 0.0399$$

Coefficiente adimensionale di sforzo normale

$$n = \frac{N_d}{t D f_d} = 0.32$$

$$\xi = \frac{n + w_s}{0.8} = 0.45$$

Coefficiente adimensionale di momento

$$m = 0.5 w_s + 0.8 \xi (0.5 - 0.4 \xi) 0.14$$

$$M_u = m t D^2 f_d = 1432.47 \text{ KN m}$$

La verifica viene soddisfatta

$$M_u > M_d,$$

$$1432.47 \text{ KN m} > 1226.26 \text{ KN m}$$

### b) Verifica a Taglio

La resistenza a taglio  $V_t$  è calcolata come somma dei contributi della muratura  $V_{t,m}$  e

dell'armatura  $V_{t,s}$

Contributo della muratura

Tensione media sulla sezione

$$\sigma_d = \frac{N}{D t} = 0.58 \text{ N/mm}^2$$



Resistenza a taglio ultima caratteristica

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \sigma_d = 0.43 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0.14 \text{ N/mm}^2$$

Con  $\gamma_m = 3$

Resistenza a taglio di calcolo, la forza orizzontale ultima che porta l'elemento murario a collasso per taglio nel suo piano:

$$V_{t,m} = 187.38 \text{ KN}$$

Contributo dell'armatura

La muratura presenta 2 barre  $\phi 12$ , disposte ad una separazione di 100 cm.

Risulta,

$$V_{t,s} = \frac{0.60 D A_{sw} f_{yd}}{s} = 127.06 \text{ KN}$$

La resistenza totale della parete

$$V_t = V_{t,m} + V_{t,s} = 314.45 \text{ KN}$$

La verifica viene soddisfatta

$$314.45 \text{ KN} > 205.54 \text{ KN}$$



#### 4.11. Analisi Strutturale: Calcolo del solaio

Il solaio dell'edificio è realizzato in cemento armato gettato in opera e laterizi di alleggerimento interposti tra due travetti. prefabbricati di altezza  $h=19\text{cm}$  e larghezza  $14\text{cm}$  posti tra loro ad interasse di  $60\text{cm}$  ed una soletta dello spessore di  $5\text{cm}$ . L'altezza totale del solaio strutturale è di  $24\text{cm}$  e considerando il pavimento (malta più piastrelle) si giunge a  $27\text{cm}$  totali di sezione del solaio.

Le armature, opportunamente dimensionate, devono essere messe in opera in modo da assicurare un ricoprimento di spessore pari a  $1.9\text{ cm}$ , ovvero uguale al ricoprimento minimo di calcestruzzo previsto nell'Eurocodice 2 (  $1.4\text{ cm}$  ) sommato a  $0.5\text{ cm}$  che rappresentano lo scostamento dovuto a eventuali errori di esecuzione. Nell'ipotesi di realizzare l'armatura inferiore con barre da  $16\text{ mm}$  il copriferro (distanza del baricentro delle armature dal bordo ) deve essere pari a  $20\text{cm}$  dal centro del ferro; le armature superiori saranno tutte del diametro di  $12\text{ mm}$  in modo da evitare qualunque possibile confusione o errore durante la posa dei ferri.

Per il predimensionamento dell'altezza del solaio, si è preso in considerazione l'Eurocodice 2 che prevede una altezza minima pari alla

$$h = L/25 = 400/25 = 16\text{cm}$$

Nell'analisi si considerano i carichi riferiti ad una striscia di solaio da  $60\text{cm}$ .

L'analisi del solaio viene effettuata ipotizzando due schemi geometrici differenti in modo da poter dimensionare nella condizione più sfavorevole le campate e gli appoggi; il primo caso prevede l' analisi di un solaio che agisce su un modulo singolo ( $4 \times 4$ ) ; nella seconda analisi si fa riferimento a due moduli affiancati ( $4 \times 8$ ) . Seguirà una tavola relativa alle armature nella quale verrà rappresentata la corretta posizione, quantità e dimensione. Di tutti i ferri da posare sul solaio.

### 4.13.1. Analisi delle sollecitazioni del modulo singolo

Lo schema geometrico utilizzato per analizzare il comportamento del solaio che grava su un modulo singolo (4m x 4m) è quello di una trave su due appoggi.

Il progetto viene effettuato utilizzando le condizioni più gravose imposte da tutte le possibili combinazioni di carico; nel caso di modulo singolo vie ne facile ritenere che la peggiore ed unica condizione di carico agente sulla struttura è quella di solaio interamente caricato in campata: si considerano contemporaneamente le azioni totali di carico permanenti (peso del solaio e peso dei carichi permanenti non strutturali) e le azioni di carico variabili (differenti per normativa a seconda della destinazione d'uso del locale).

diagramma di momento

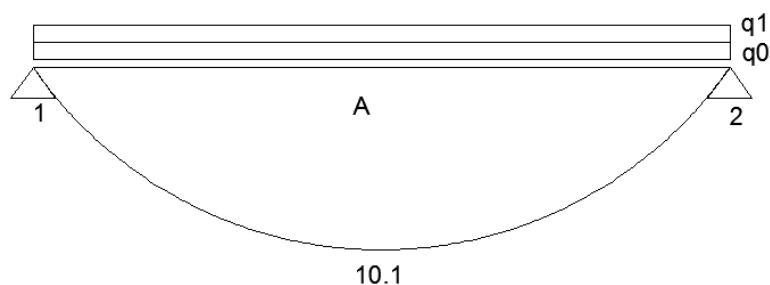
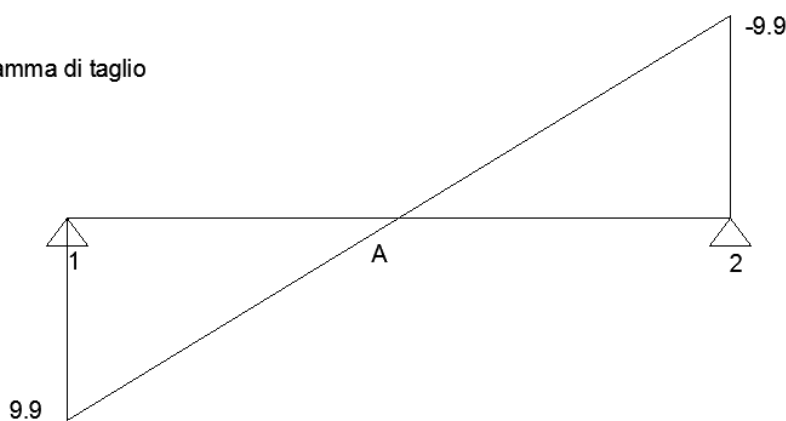


diagramma di taglio



Dall'analisi dei carichi sono noti tutti i pesi agenti : peso del solaio più i carichi variabili agenti su una fascia di solaio di 60cm ( 4.89 kN/m) così da coinvolgere nella analisi delle sollecitazioni due travetti .

E' possibile fare rapidamente il calcolo del momento massimo agente il cui valore è riportato nella figura sopra; questo valore deve essere moltiplicato per un coefficiente correttivo di 1,5 e si ottiene il carico massimo di progetto che

deve essere confrontato con il momento resistente nella verifica dello stato limite ultimo. Occorre a questo punto precisare che il valore del momento trovato è già quello da impiegare per la verifica suddetta: se questa sarà valida, allora sarà certamente verificata la struttura per gli stati limite di esercizio.

Per calcolare la superficie di armatura che deve essere qui impiegata si segue l'EC2 in cui è specificata la

$$A_s = \frac{M_{ad}}{0.9 * f_{sd} * d}$$

Per consentire di superare il valore di armatura imposto dalla formula precedente, si prevede di inserire 3 ferri  $\phi 16$  (area di  $201\text{mm}^2$  ciascuno).

#### 4.13.2. Verifiche di esercizio

Per le verifiche di esercizio si studia la sezione a T soggetta a momento positivo che agisce nella campata A. La sezione a T soggetta al momento negativo, si avrà in corrispondenza degli appoggi 1 e 2 per via di un minimo momento torcente che seppur di bassa entità va considerato e occorre prevedere un minimo di armatura ( $2\phi 12$ ) nella parte superiore della sezione.

Dato il ridotto spessore della soletta (5cm) si abbatta la resistenza dell'ala del calcestruzzo con la

$$0.5 + 0.1 * \frac{t}{d_a} = 0.5 + 0.1 * \frac{5}{2} = 0.70$$

Con  $d_a=2$  che è il diametro massimo dell'aggregato del calcestruzzo e con 0.5 coefficiente cautelativo.

Per le verifiche di stato limite di esercizio delle compressioni del calcestruzzo nelle sezioni con momento positivo, si fa riferimento al valore ammissibile di  $0.45 * 21 = 9.45 \text{ N/mm}^2$  mentre per le sezioni con momento negativo si fa riferimento al valore ammissibile  $0.8 * 9.45 = 7.56 \text{ N/mm}^2$

Per le verifiche delle trazioni il valore ammissibile per l'acciaio è pari a  $240 * 0.8 = 192 \text{ N/mm}^2$

Le formule usate in tabella sono relative alla campata con sezione a T e con  $x > t$

$$I_i = \frac{(bx^3 - ay^3)}{3} + mA_s(d-x)^2 + mA'_s(x-d')^2$$

$$-\sigma_c = \frac{M_b}{I_i} x (< \overline{\sigma_c}^*) \quad x = \frac{mA_t + at}{b_0} \left(-1 + \sqrt{\frac{1 + at^2 + 2m(A_s d + A'_s d')}{(at + mA_t)^2}} b_0\right)$$

$$\sigma_s = m \frac{M_b}{I_i} b_0 (< \overline{\sigma'_s})$$

$$z = \frac{I_i}{mA_s(d-x)}$$

	Mak (KN m)	Mad (KN m)	As eff	A's eff	As tot	I (mm4)	mps	x [mm]	z [mm]
campata singola	10.08	15.11	462	113	575	209735542	0.056	57.88	192.6

	$\sigma_c$ (N/mm2)	$\sigma_s$ (N/mm2)	Verifica	
campata singola	4.2	169.8	VERO	VERO

#### 4.13.3. Verifiche allo stato limite ultimo

Per le verifiche di resistenza allo stato limite ultimo delle sezioni, si valutano le seguenti caratteristiche dei materiali.

$$f_{sd} = 209 \text{ MPa}$$

$$f_{c1} = 9.45 \text{ N/mm}^2$$

$$r = \frac{f_{sd}}{f_{cd}} = 14.91$$

$$f^*_{cd} = f_{cd} * 0.8$$

$$r^* = r / 0.83 = 18$$

Con  $\epsilon_{cu} = -0.35\%$  e  $\epsilon_{yd} = 391/2060 = 0.19\%$ , il limite verso le forti armature è dato da:

$$\omega_{sc} = 0.8 * \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}} = 0.53$$

Per quanto riguarda i coefficienti correttivi (  $\gamma_{g1}=1.35$  per i pesi strutturali,  $\gamma_{g2}=1,5$  per i pesi strutturali variabili;  $\gamma_q= 1.5$  per i carichi variabili) questi sono già stati presi in considerazione nella verifica agli stati limite di esercizio.

Si procede dunque alla verifica agli stati limite ultimi per la quale deve avvenire che il momento resistente sia chiaramente maggiore del momento di progetto.

	Mak (KN m)	Mad (KN m)	As	A's	Atot	$\omega_s$	x	z	MRd
campata singola	10.08	15.11	462	113	575	0.064	17.3	208.1	16.8

#### 4.13.4. Analisi delle sollecitazioni del modulo doppio

Lo schema geometrico utilizzato per valutare il comportamento del solaio con la seconda ipotesi, è quello di trave continua su tre appoggi.

Diversamente dall'analisi precedente si noterà che in questa tipologia di solaio si andranno a posizionare dei ferri nella parte superiore della sezione di appoggio centrale; viene dimensionato il tutto in modo che inferiormente vi siano da posizionare dei ferri  $\phi 12$  e superiormente dei ferri  $\phi 14$ .

Si procede con lo stesso ragionamento precedentemente fatto in merito a tutte le analisi ma con una differenza legata alle combinazioni di carico; la distribuzione dei carichi per lo studio della condizione ( o condizioni ) più gravosa, viene eseguito considerando tre diverse ipotesi.

#### Prima combinazione di carico

La prima combinazione di carico viene ottenuta applicando il carico variabile nella prima campata (AB) di lunghezza 4m; nella seconda campata (BC) viene lasciato come gravante il carico fisso totale. Si inducono così nella campata AB le massime tensioni di sollecitazione.

$$q_A = \gamma_{g1} * G_1 + \gamma_{g2} * G_2 + \gamma_Q * Q$$

$$q_B = \gamma_{g1} * G_1 + \gamma_{g2} * G_2$$

Dopo aver trovato il valore dei carichi distribuiti lungo le campate, si procede al calcolo dei momenti massimi agenti che saranno sia positivi che negativi.

I ragionamenti già espressi per la singola campata sono certamente qui riproposti fino a giungere alla proposta di inserire nella campata A

### **Seconda combinazione di carico**

La seconda combinazione di carico viene ottenuta mantenendo il solo carico fisso nella prima campata (AB) di lunghezza 4.1m; nella seconda campata (BC) viene caricato anche il carico variabile come gravante assieme al carico fisso. Si inducono così nella campata BC le massime tensioni di sollecitazione.

$$q_A = \gamma_{g1} * G_1 + \gamma_{g2} * G_2$$

$$q_B = \gamma_{g1} * G_1 + \gamma_{g2} * G_2 + \gamma_Q * Q$$

Dopo aver trovato il valore dei carichi distribuiti lungo le campate, si procede anche in questo caso al calcolo dei momenti massimi agenti

### **Terza combinazione di carico**

La terza seconda combinazione di carico viene ottenuta caricando entrambe le campate con il totale dei carichi fissi assieme al totale dei carichi variabili. Le due campate sono pertanto sollecitate al massimo.

$$q_A = \gamma_{g1} * G_1 + \gamma_{g2} * G_2 + \gamma_Q * Q$$

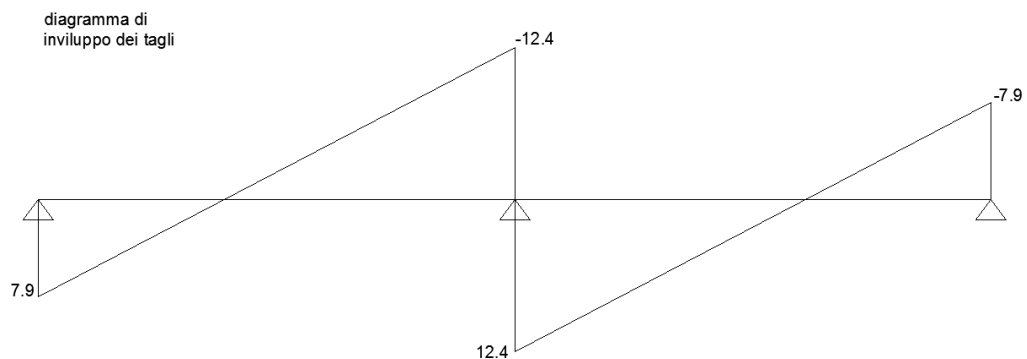
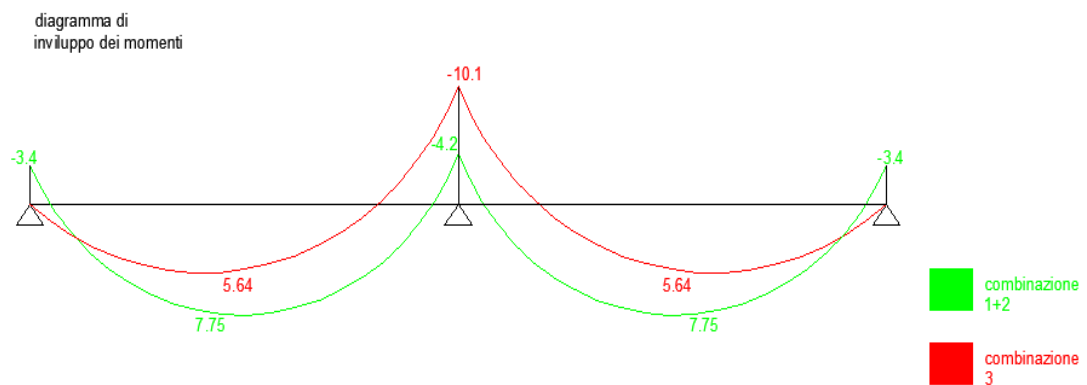
$$q_B = \gamma_{g1} * G_1 + \gamma_{g2} * G_2 + \gamma_Q * Q$$

Dopo aver trovato il valore dei carichi distribuiti lungo le campate, si procede ancora al calcolo dei momenti massimi agenti



Dopo aver effettuato le combinazioni di carico, si procede con il calcolo dei momenti agenti su tutte le sezioni (presentati in tabella) e successivamente con l'involuppo dei diagrammi del momento e del taglio.

combinazioni	combinazione 1	combinazione 2	combinazione 3
	carico in campata AB	carico in campata BC	carico distribuito AC
l1	4,06	4,06	4,06
l2	4,06	4,06	4,06
q0 (KN/m)	3,09	3,09	3,09
q0+q1 (KN/m)	4,89	4,89	4,89
M1	<b>-3,4</b>	-3,4	0
MA	<b>7,75</b>	4,63	5,64
M2	-4,2	<b>-4,2</b>	<b>-10,1</b>
MB	4,63	<b>7,75</b>	5,64
M3	<b>-3,4</b>	-3,4	0



Noti i momenti agenti, si può procedere al dimensionamento delle armature per le tre sezioni studiate.

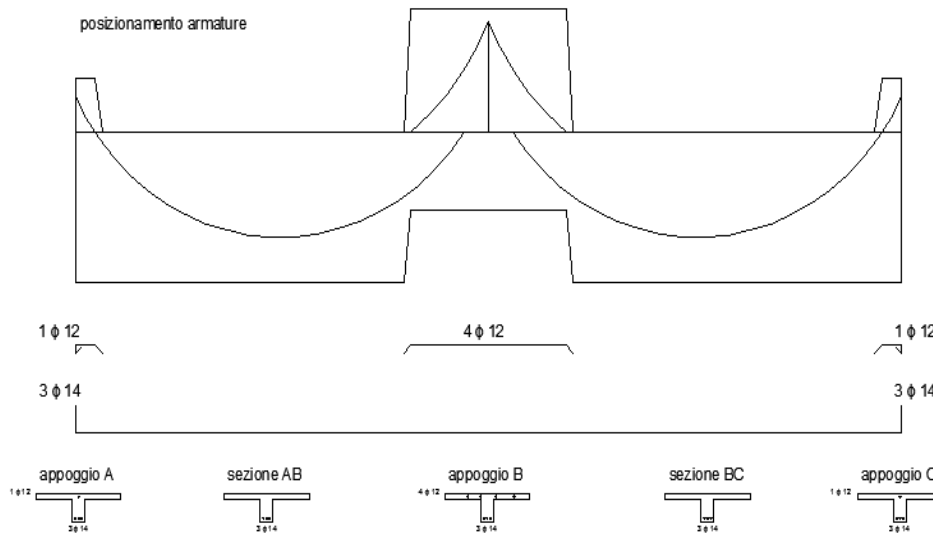
Si vuole precisare che negli appoggi 1 e 2 (ovvero agli estremi del solaio) il valore del momento viene approssimato a zero; in realtà esiste (come detto) un momento torcente e quindi un carico negativo che viene contrastato con il posizionamento di due ferri fi 12.

Per il dimensionamento delle armature, si procede in maniera analoga e con le medesime formule precedentemente impiegate. In questo caso si vedrà però un momento massimo negativo nell'appoggio 2; l'appoggio 1 e l'appoggio 3 avranno anch'essi un momento negativo ( come già spiegato per via del momento torcente) e si prevede dunque un minimo rinforzo.

Le armature necessarie sono state determinate per le sezioni sugli appoggi 1,2,3 e per quelle di mezzera delle campate A e B. La disposizione delle armature lungo il solaio è definita in maniera da coprire l'involuppo dei diagrammi dei momenti flettenti con il diagramma dei momenti resistenti ed è stata illustrata nella figura successiva; nella tabella seguente sono specificati il numero e la dimensione dei ferri che devono essere posizionati nelle rispettive sezioni studiate.

	n barre inf	$\varphi$ (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	n barre sup	$\varphi$ (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	As eff	A's eff
campata AB	<b>3</b>	<b>14</b>	154	<b>1</b>	<b>12</b>	113	462	113
appoggio B	<b>3</b>	<b>14</b>	154	<b>4</b>	<b>12</b>	113	462	452
campata BC	<b>3</b>	<b>14</b>	154	<b>1</b>	<b>12</b>	113	462	113

Mitigare il disagio abitativo nei paesi dell'America Latina:  
Proposta di linee guida per la auto-costruzione di abitazioni a Bogotá, in Colombia



Per le verifiche di stato limite di esercizio delle compressioni del calcestruzzo nelle sezioni con momento positivo, si fa riferimento al valore ammissibile di  $0.45 * 21 = 9.45 \text{ N/mm}^2$  mentre per le sezioni con momento negativo si fa riferimento al valore ammissibile  $0.8 * 9.45 = 7.56 \text{ N/mm}^2$

Per le verifiche delle trazioni il valore ammissibile per l'acciaio è pari a  $240 * 0.8 = 192 \text{ N/mm}^2$

Le formule usate per la verifica in esercizio sono le seguenti:

$$\rho_s = \frac{A_s}{d \times b}$$

$$x = m\rho_s \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2}{m\rho_s}} \right) d$$

$$z = d - \frac{x}{3}$$

$$-\sigma_c = \frac{2M_2}{zxb} (< \overline{\sigma_c})$$

$$\sigma_s = \frac{M_2}{zA_s} (< \overline{\sigma'_s})$$

Per le sezioni in campata, si applica la formula per sezione a T con  $x > t$  per cui:

$$I_i = \frac{(bx^3 - ay^3)}{3} + mA_s(d-x)^2 + mA'_s(x-d')^2$$

$$-\sigma_c = \frac{M_b}{I_i} x (< \overline{\sigma}_c^*)$$

$$\sigma_s = m \frac{M_b}{I_i} b_0 (< \overline{\sigma}'_s)$$

$$z = \frac{I_i}{mA_s(d-x)}$$

$$x = \frac{mA_t + at}{b_0} \left( -1 + \sqrt{1 + at^2 + \frac{2m(A_s d + A'_s d')}{(at + mA_t)^2} b_0} \right)$$

	Mak (KN m)	Mad (KN m)	As eff	A's eff	As eff tot	I (mm <sup>4</sup> )	mps	x [mm]	z [mm]
appoggio B	-10,08	-15,11	462	452	914		0,053	59,32	195,2
campata AB	7,75	11,63	462	113	575	209735542	0,056	57,88	192,6
campata BC	7,75	11,63	462	113	575	209735542	0,056	57,88	192,6

	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	Verifica	
appoggio B	4,4	171,3	VERO	VERO
campata AB	3,2	130,7	VERO	VERO
campata BC	3,2	130,7	VERO	VERO

#### 4.13.5. Verifiche allo stato limite ultimo

Per le verifiche di resistenza allo stato limite ultimo delle sezioni, si valutano le seguenti caratteristiche dei materiali.

$$f_{sd} = 209 \text{ MPa}$$

$$f_{c1} = 9.45 \text{ N/mm}^2$$

$$r = \frac{f_{sd}}{f_{cd}} = 14.91$$

$$f^*_{cd} = f_{cd} \cdot 0.8$$

$$r^* = r / 0.83 = 18$$

Con  $\epsilon_{cu} = -0,35\%$  e  $\epsilon_{yd} = 391/2060 = 0,19\%$ , il limite verso le forti armature è dato da:

$$\omega_{sc} = 0.8 * \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}} = 0.53$$

Per quanto riguarda i coefficienti correttivi ( $\gamma_g = 1.35$  per i pesi strutturali,  $\gamma_g = 1.5$  per i pesi strutturali variabili;  $\gamma_q = 1.5$  per i carichi variabili) questi sono già stati presi in considerazione nella verifica agli stati limite di esercizio.

Si procede dunque alla verifica agli stati limite ultimi per la quale deve avvenire che il momento resistente sia chiaramente maggiore del momento di progetto.

Per la sezione in appoggio si seguono le seguenti formule

$$\omega_s = \frac{A_s}{db} * r < \omega_{sc}$$

$$z = \left(1 - \frac{\omega_s}{2}\right) * d$$

$$M_{rd} = A_s * f_{sd} * z$$

Per le sezioni in campata si impiegano le

$$\omega_s = \frac{A_s}{db} * r' < \omega_{sc}$$

$$x = \frac{\omega}{0.8} < t$$

$$z = \left(1 - \frac{\omega_s}{2}\right) * d$$

$$M_{rd} = A_s * f_{sd} * z$$

	Mak (KN m)	Mad (KN m)	As	A's	Atot	$\omega_s$	x	z	MRd	
appoggio B	-10.08	-15.11	462	452	580	0.067		207.8	25.2	VERO
campata AB	7.75	11.63	462	113	575	0.064	17.3	208.1	16.8	VERO
campata BC	7.75	11.63	462	113	575	0.064	17.3	208.1	16.8	VERO

#### 4.13.6. Verifiche al taglio

La verifica a taglio è soddisfatta se il taglio sollecitante  $V_{Ed}$  è inferiore di quello resistente  $V_{Rd}$  che, per elementi sprovvisti di armature resistenti al taglio ed in assenza di sforzo normale, come accade nel caso del solaio, è pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})}{\gamma_c} + 0.15 * \sigma_{cp} \right\} * b_w * d$$

$$\geq (v_{min} + 0.15\sigma_{cp}) * b_w * d$$

Con

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

$\rho_l = \frac{A_s}{b_w d} \leq 0.02$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2f_{cd}$  è la tensione media di compressione nella sezione

verifica al taglio	per l'appoggio 2
k < 2	1,47
$\rho_l < 0,02$	0,004
fck	21,00
$\gamma_c$	1,50
bw	60,0
d	21,5 cm
vmin	0,58
$\sigma_{cd} < 2,8$	2,57
As	5,65
Ved	43,51
VRd	119,20
confronto da formula	74,55
scelta del V resistente	74,55
verifica	VERO

## ***CAPITOLO 5 – LINEE GUIDA PER UN PROGETTO DI AUCOSTRUZIONE***

L'obiettivo del presente capitolo è fornire un supporto tecnico, ma semplice e comprensibile a chiunque voglia realizzare una abitazione auto costruita. A tale scopo saranno elencate una serie di linee guida che possono essere utilizzate come una sorta di manuale per l'auto-costruzione.

### **5.1. Progettazione della Struttura**

## **Progettando in Verticale e Orizzontale con Il Modulo.**

---

Per la realizzazione della abitazione presentata nella tesi, occorre progettare la struttura in base al modulo, affiancandoli in orizzontale o verticale, sempre mantenendo una regolarità sia in pianta che in altezza.

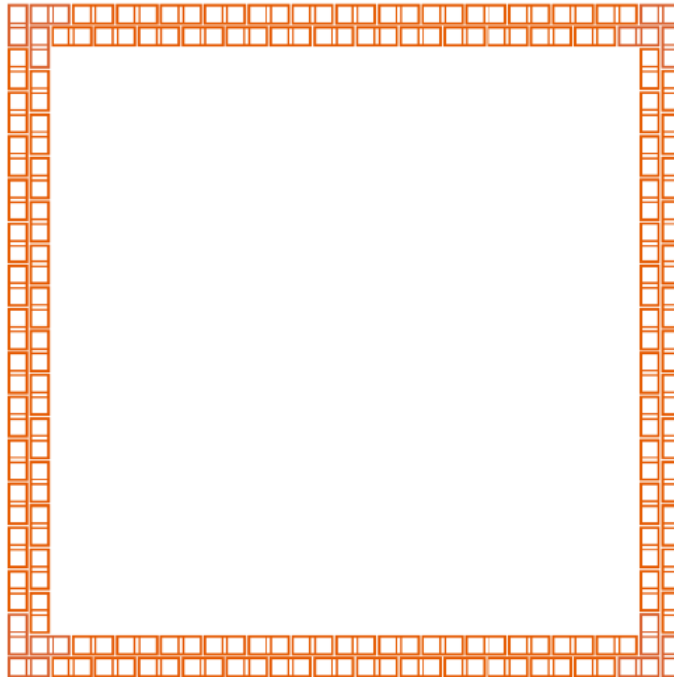


Figura 5.1 : Modulo base

Alcuni esempi sono:

Modulo 1x1

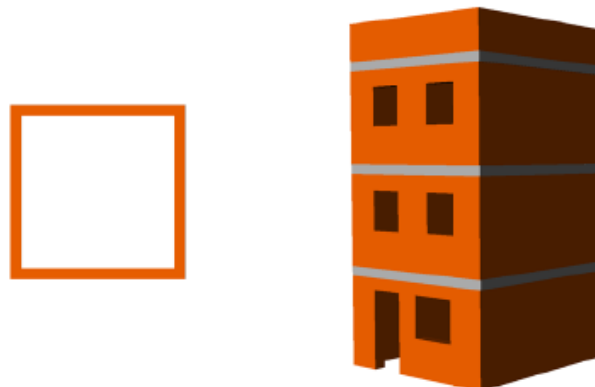


Figura 5.2 : Configurazione 1x1

Modulo 2x1

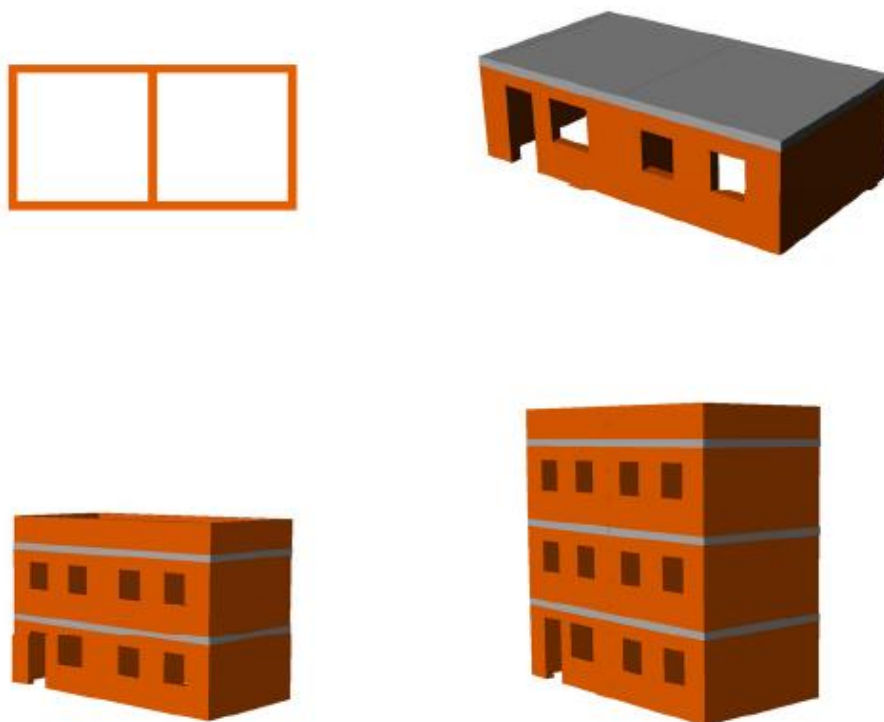


Figura 5.2 : Configurazione 2x1 in altezza



Modulo 2x2

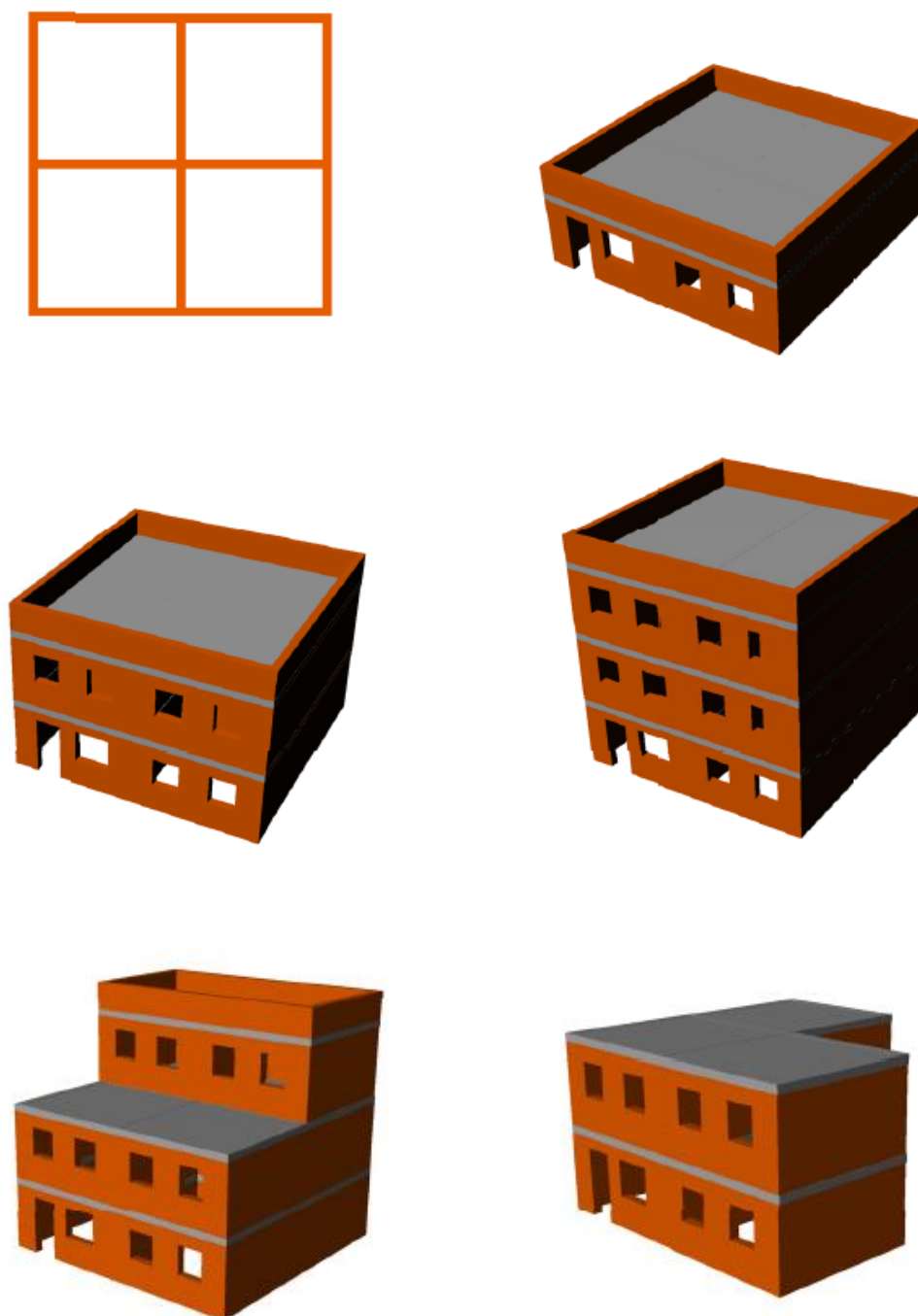
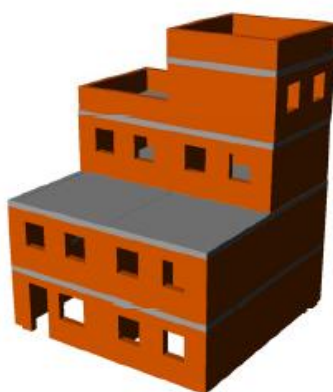


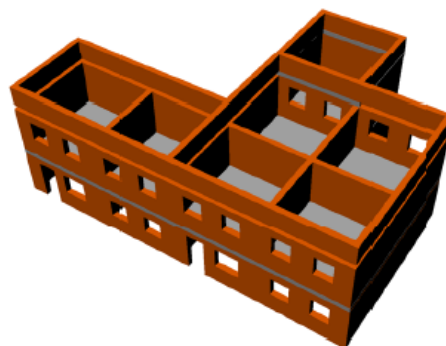
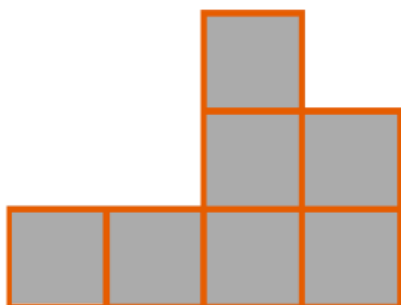
Figura 5.3 : Configurazione 2x2 in altezza

La geometria dell'edificio deve essere regolare e simmetrica sia in pianta che in altezza in quanto una costruzione con queste caratteristiche resiste meglio all'azione dei terremoti. Per questo motivo è sconsigliato disporre i moduli asimmetricamente, o con sporgenze.

Sono qui di seguito riportati esempi di disposizione non consigliata dei moduli.



NO



NO

Figura 5.4 : Irregolarità in pianta e in altezza

I pilastri e i muri devono essere continui dalla fondazione alla copertura, senza interruzioni o cambi di materiale; se non si segue questa precisa successione strutturale, gli elementi dei piani superiori non contribuiranno a resistere alle azioni del sisma.

## 5.2. Utensili da impiegare

# Attrezzature

---

Per la realizzazione della abitazione presentata nella tesi, occorre disporre di alcuni utensili fondamentali per la preparazione dei materiali e per la loro posa in opera.

1. **Seghetto** per effettuare eventuali operazioni di taglio dei materiali



2. **Tavole in legno** per la cassetatura delle fondazioni e da impiegare come piattaforma per movimentazione della carriola su terreni irregolari (anche sui gradini)
3. **Casseformi** per la realizzazione del solaio (importante nella fase di posizionamento del cordolo di armatura)



4. **Tavolo di lavoro** sufficientemente resistente per sostenere tutte le lavorazioni eventuali (si può anche ottenere ponendo sopra due panchetti un paio di tavolati in legno)



5. **Carriola** per il trasporto dei materiali sia di risulta sia per il trasporto dei mattoni



6. **Secchiello** per trasporto materiali di risulta, preparazione malta



7. **Cazzuola** per l'applicazione degli intonaci sui muri o per la posa della malta nei mattoni



8. **Filo a piombo** per verificare la corretta verticalità della posa dei mattoni



9. **Livella** per verificare la corretta orizzontalità dei mattoni e dei getti



10. **Pallet** per stoccaggio dei materiali



11. **Metro** per verificare le corrette dimensioni (verticali ed orizzontali) durante la costruzione



12. **Pala e piccone** per effettuare scavi



13. Cono di Abrams per controllo compattazione calcestruzzo



14. Rastrelli per distribuzione omogenea del calcestruzzo gettato



15. Asse di legno di sezione quadrata per ripianare il calcestruzzo



16. **Assi di legno** per la costruzione dei calandri
17. **Chiodi** per fissare i legni per i calandri
18. **Travicelli** in legno per solaio
19. **Ponteggio mobile** per posizionamento dei mattoni dei muri e dei travetti per il solaio ad elevate altezze





### 5.3. Preparazione della malta

## Malta

---

La malta è un composto ottenuto miscelando opportunamente il cemento (legante) con una certa quantità di acqua e di sabbia.

Solitamente per la collaborazione con i mattoni sia da interni che esterni e per la realizzazione di intonaci si sceglie la malta bastarda ordinaria.



### Preparazione:

1. Per comporre una miscela da 100kg di malta bastarda occorrono:
  - 20 litri di acqua (limpida e mai sporca, possibilmente a temperatura ambiente);
  - 20 kg di calce;
  - 60 kg di sabbia.

- 2.** Versare in un secchio una piccola quantità di acqua premunendosi di lasciare la restante parte in un altro contenitore in modo da aggiungerla man mano che si procede con la miscela degli altri componenti; si versa la sabbia e poi si versa con una cazzuola la calce.
- 3.** Si procede a mischiare i tre componenti e se occorre si inizia ad aggiungere dell'acqua per agevolare la miscelazione dell'impasto. Dopo aver ottenuto un insieme omogeneo si versa il cemento sempre con la cazzuola e si provvede ancora a miscelare il tutto.
- 4.** Il composto è pronto nel momento in cui si raggiunge una giusta consistenza (né troppo liquida né troppo densa) tale da poterla posare sulla superficie del mattone.

Dato che non è possibile confezionare questo composto per mezzo di macchine o impastatrici, occorre lavorare a mano il prodotto.

#### 5.4. Preparazione del calcestruzzo

## Calcestruzzo

---

Il calcestruzzo è un composto ottenuto miscelando nelle corrette dosi il cemento (legante) con gli inerti (sabbia, ghiaia, ciottoli), acqua ed eventuali additivi.

Il dosaggio di tutti i componenti deve essere fatto in funzione dell'utilizzo del calcestruzzo; dove occorre una forte resistenza del calcestruzzo servirà una maggiore quantità di cemento; per lavori in cui il calcestruzzo è sottoposto a piccoli sforzi avviene il contrario e il cemento sarà inserito in dosi minori. Il dosaggio del calcestruzzo è anche in funzione del diametro massimo dell'inerte impiegato.

### Deve essere verificato che:

- Gli inerti siano puliti e non vi sia presenza di particelle dannose; devono essere composti da materiali resistenti quantomeno alla pressione delle dita, devono avere granuli di diversi diametri per ridurre la formazione di vuoti.
- Il cemento conservi le caratteristiche di polvere fina senza grumi e deve essere verificato che sia contenuto nel suo imballaggio originale prima del suo utilizzo.
- venga conservato in un luogo riparato e fresco, non a contatto con pareti o muri che potrebbero inumidirlo. I sacchi devono essere posti sopra dei pallet di legno o plastica per evitare il contatto con scorie e detriti presenti nel terreno che potrebbero causare difetti e per evitare problemi al cemento provocati dall'umidità del terreno. La pila deve essere composta da un massimo di dodici sacchi e non devono essere conservati per più di due mesi.
- l'acqua dell'impasto sia limpida e non contenga sostanze dannose; deve trovarsi possibilmente a temperatura ambiente. L'acqua è indispensabile nella preparazione del calcestruzzo perché determina la reazione di idratazione del cemento, ovvero la presa.

### Preparazione:

**1.** Miscelazione della sabbia e della ghiaia (i due inerti); si procede poi con l'aggiunta del legante ed infine si aggiunge l'acqua. Per comporre una miscela da 100kg di calcestruzzo occorrono:

- 7.5 litri di acqua;
- 15 kg di cemento;
- 22.5 kg di sabbia;
- 55 kg di ghiaia

L'acqua deve essere dosata in maniera opportuna; la quantità eccessiva di acqua nell'impasto provoca la diminuzione della resistenza, aumenta il ritiro del calcestruzzo e aumenta notevolmente il rischio della separazione degli inerti.

**2.** Per misurare in cantiere la consistenza del calcestruzzo si utilizza il cono di Abrams. Si tratta di un attrezzo in metallo di forma tronco-conica da riempire con tre strati successivi di impasto compattando ogni strato con almeno 25 colpi tramite un pestello (solitamente si usa un ferro fi 16).

Una volta inseriti i tre strati si solleva (prendendolo per i manici) il cono e si misura il grado di consistenza in relazione alla misura di abbassamento relativa.

**3.** Si getta il calcestruzzo dopo la confezione e, prima che abbia inizio la presa del cemento; deve avvenire senza bruschi movimenti di posa per evitare che i suoi componenti si separino, in quanto gli inerti più grossi tendono a spostarsi verso il basso mentre la sabbia e l'acqua rimontano in superficie; deve compiersi sempre per strati orizzontali per spessori continui di 15 cm massimo (in quanto il getto è effettuato a mano).



Figura 5.5 : Verifica tramite slump test del calcestruzzo

**4.** Si deve far vibrare con l'ausilio di una barra di acciaio liscia e dritta in modo tale da eliminare le bolle d'aria presenti nel calcestruzzo ed evitare la formazione di vuoti che diminuiscono la resistenza, rigidità e continuità.

Il costipamento può avvenire a mano tramite pestelli, deve essere estremamente scrupoloso per poter raggiungere la massima compattezza, l'eliminazione di tutti i vuoti possibili (soprattutto in corrispondenza delle armature) e per ottimizzare l'aderenza del calcestruzzo alla armatura.

**5.** Se alla fine della giornata lavorativa il getto non è stato completato, occorre fare attenzione alla ripresa del lavoro. Il getto già eseguito, per essere ripreso, dovrà essere accuratamente pulito e bagnato.

**6.** Ultimato il getto e alla fine della presa del cemento, il calcestruzzo fresco deve essere protetto contro i raggi diretti del sole e contro il vento tramite teli di carta o stuoie per evitare che l'acqua di impasto evapori troppo rapidamente (soprattutto in estate).

In estate il calcestruzzo deve essere bagnato continuamente e deve essere protetto dalla pioggia torrenziale disponendo teli di plastica.

## Indicazioni finali

- Mettere la quantità di acqua sufficiente nell'impasto (senza metterne troppa e rendere troppo fluido il composto), per evitare o limitare gli effetti del fenomeno di diminuzione di volume (ritiro) che può provocare la formazione di fessure durante il periodo di presa e successivo indurimento.
- Nel momento in cui vengono mescolati con l'acqua e con il cemento, è importanti che gli inerti consentano di creare una massa molto compatta. La compattezza è un parametro indispensabile da tenere in considerazione, in quanto deve essere ridotto al minimo il numero di vuoti all'interno del composto; infatti se gli inerti hanno la stessa granulometria c'è il rischio che i vuoti siano molti di più rispetto a inerti assortiti che hanno quindi diversa granulometria. L'ideale sarebbe avere granuli di diversi diametri in modo che i piccoli granuli possano riempire gli spazi che si vengono a creare tra i granuli grossi; il cemento deve poi provvedere ad avvolgerli tutti e riempire i vuoti, aumentando la compattezza della intera massa.
- L'acqua a contatto con i granuli del cemento forma una massa gelatinosa che avvolge i granuli in modo da saldarli tra loro.
- La presenza di armatura nel calcestruzzo riduce notevolmente le possibilità di fessurazioni perché il ferro assorbe le tensioni originate nella massa per effetto del ritiro del calcestruzzo.

## 5.5. Modalità esecutive delle fondazioni

# Fondazioni

---

La fondazione è intesa come la parte dell'abitazione preposta alla funzione di trasmissione al terreno del peso della struttura e delle forze esterne.

Prima di iniziare con le operazioni di costruzione sul terreno naturale, occorre effettuare delle operazioni di preparazione del terreno stesso che consiste in diverse fasi:

- Asportazione dell'humus vegetale e pulizia del terreno dalle sterpaglie che invadono l'area su cui costruire;
- Demolizione ed asportazione di eventuali muretti o costruzioni provvisorie, recinzioni o accumuli di materiale vario;
- Spianamento del terreno;
- Verifica del terreno, per studiare la qualità del suolo

**1.** Si scava una porzione di terreno ad una profondità minima di due metri e si procede ad infiggere una barra fi4 nel fondo dello scavo; se la barra penetra facilmente nel terreno, questo può essere considerato soffice, altrimenti viene considerato stabile.

In terreni di bassa resistenza si raccomanda di costruire un basamento in calcestruzzo con aggregati di granulometria grossa, prima dei cordoli.

Se il terreno è soffice, si deve fare uno strato di ghiaia su cui si getta dopo il basamento in calcestruzzo con aggregati di granulometria grossa e infine i cordoli di fondazione.

Se il terreno è stabile, non c'è bisogno di costruire il basamento in calcestruzzo con aggregati a granulometria grossa.

**2.** Si procede con il tracciamento, cioè a riportare sul terreno, la forma e le dimensioni previste da progetto.

3. Infissione degli assi di riferimento (caprette) che devono essere posti al di fuori della zona interessata dagli scavi; al di sopra vengono infissi dei chiodi su cui si annoda un filo che viene teso fino alla parte opposta del terreno da scavare; si effettua la stessa operazione nella direzione ortogonale in modo che l'incrocio tra i fili, proiettati verso terra il punto esatto su cui scavare (tramite filo a piombo si verifica l'esatta verticalità dello scavo).
4. Una volta riportato sul terreno il disegno della fondazione, si procede con il relativo scavo che deve essere continuo fino alla profondità desiderata e deve seguire perfettamente il tracciamento segnato.
5. Si procede poi con il getto del basamento, per tutta la lunghezza dello scavo posando uno strato di 4cm di calcestruzzo utile per evitare che le pietre siano poggiate direttamente sul terreno scavato.
6. Successivamente si getta il calcestruzzo assieme a degli aggregati di granulometria grossa e si vibra il composto con una barra d'acciaio.
7. Per il getto del calcestruzzo in cui verranno annegati i cordoli si procede al posizionamento delle casseformi di contenimento inchiodando le due sponde verticali in legno sufficientemente bagnate e poi alla posa dell'armatura. I cordoli di ripartizione devono distribuire unitariamente il carico della costruzione alle fondazioni

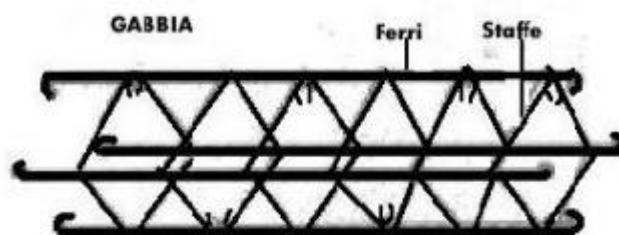


Figura 5.6 : Illustrazione del cordolo di armatura



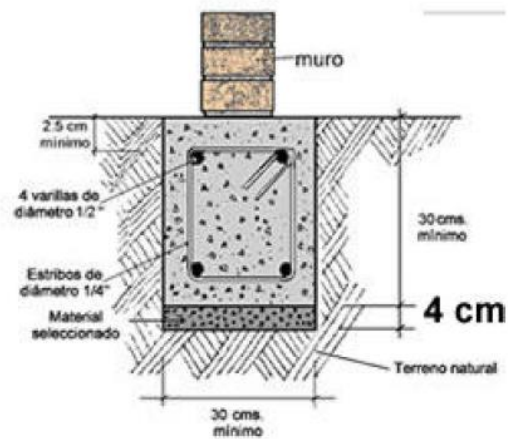


Figura 5.7 : Sezione della fondazione.

**8.** La messa in opera del calcestruzzo, la sua vibrazione tramite una barra ed infine la lisciatura del getto, completano il processo di costruzione delle fondazioni.

**9.** Dopo 12 ore o il giorno successivo, si procede alla scasseratura rimuovendo con attenzione la cassaforma; per i seguenti 7 giorni occorre curare il getto come stabilito dalla normativa vigente.

Infine quando si devono far delle tubazioni sotto le fondazioni, si deve cercare di eseguire lo scavo per depositare i tubi prima del getto. I tubi non devono mai passare attraverso alcuna struttura in calcestruzzo armato come pilastri e travi altrimenti la struttura si può indebolire.



Figura 5.8 : Fondazione completa

## 5.6. Realizzazione dei muri portanti

# Muri

---

Per realizzare una struttura muraria, occorre posizionare a regola d'arte gli elementi pesanti (mattoni) e collegarli tra loro mediante un legante (la malta) in modo da conseguire una struttura monolitica.

I muri in generale hanno sia la funzione portante, che di divisione degli spazi; inoltre devono proteggere dagli agenti atmosferici, isolare termicamente ed acusticamente, proteggere dal fuoco e fornire sicurezza in caso di evento sismico.

Lo spessore del muro sarà in relazione alle funzioni che deve assolvere. Nel caso specifico del progetto i muri portanti avranno anche al funzione di tamponamento; i muri divisorii interni saranno costruiti con una sola fila di mattoni uguali ai mattoni impiegati per la realizzazione del muro portante e non prevedono l'inserimento dell'armatura verticale.

Di seguito saranno riportate tre diverse tipologie di pareti, che mostrano il risultato finale di realizzazione di una parete piena, una parete con una porta e una finestra, poi, una parete con due finestre:

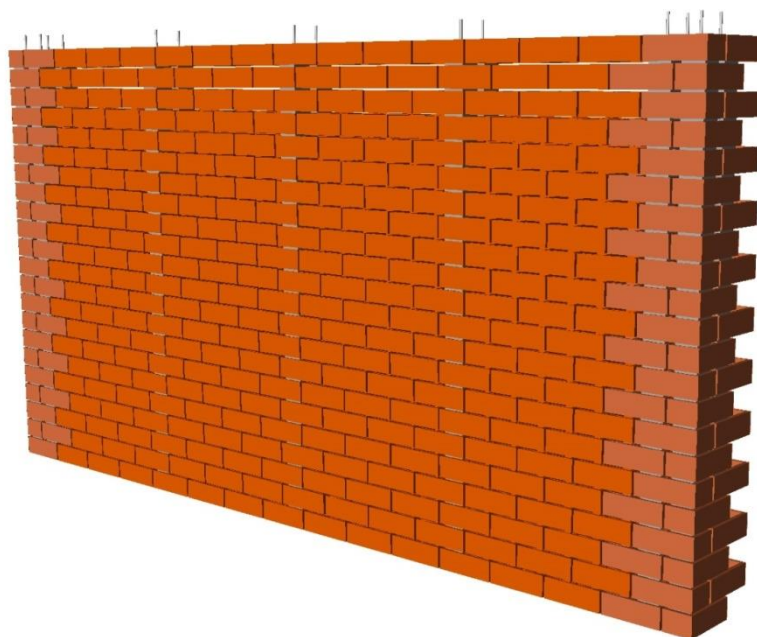


Figura 5.9 : Parete piena

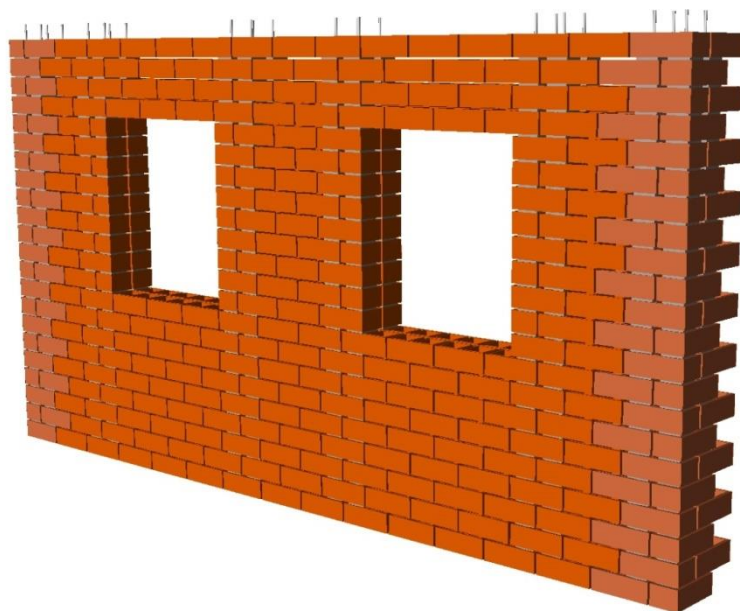


Figura 5.10 : Parete con due finestre

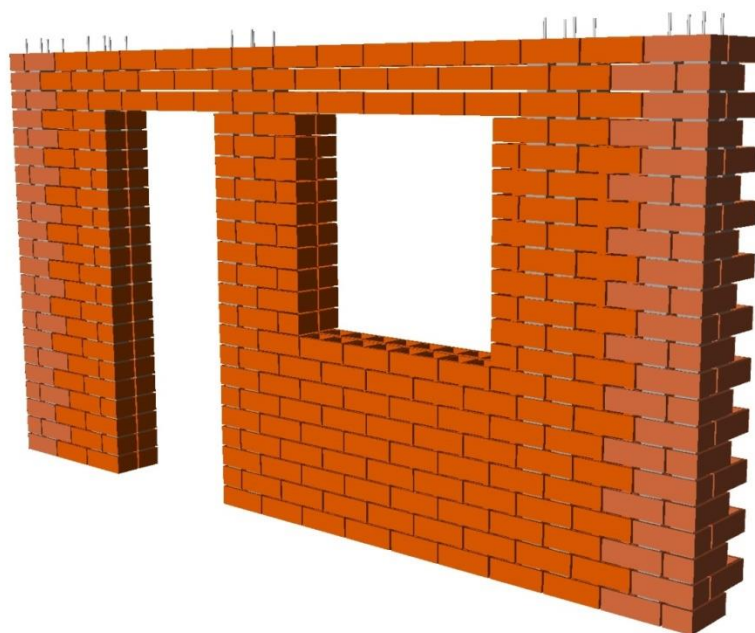


Figura 5.11 : Parete con porta e una finestre

## Deve essere verificato che:

- Non ci siano mattoni che presentino evidenti difetti e rotture;
- I ferri di richiamo delle fondazioni devono essere disposti longitudinalmente ogni 60 cm

**1.** Prima di iniziare a posizionare i mattoni strutturali per la costruzione dei muri portanti, occorre montare i calandri da cui verranno stese le corde come guida per il perfetto allineamento dei mattoni.

**2.** Sul cordolo di fondazione si devono riportare le dimensioni dei pilastri, muri, vani delle porte, finestre e corridoi come successivamente mostrato. Si segna la dimensione di ogni unità più la dimensione del giunto di 1 cm. Prima della posa definitiva viene posato un primo strato di mattoni di prova in modo da evitare errori di posizionamento durante la realizzazione della parete.

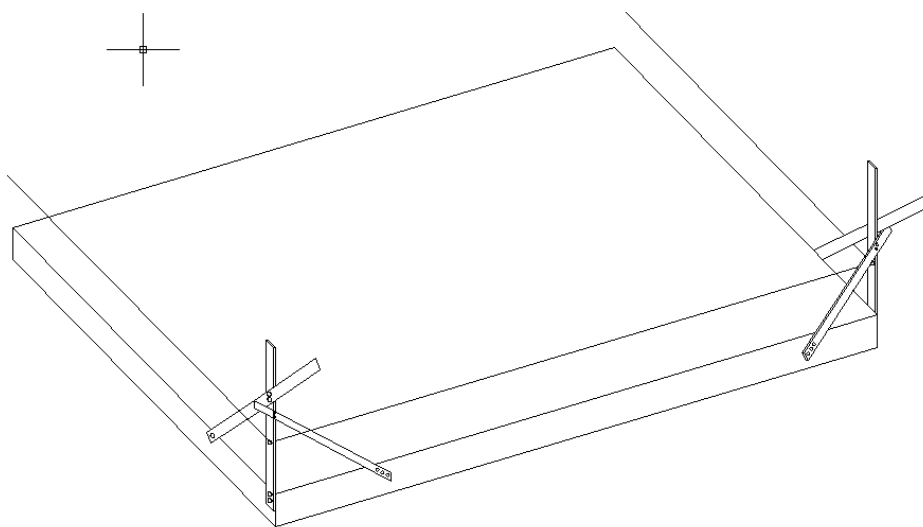


Figura 5.12 : Illustrazione dei calandri

**2.** Sui calandri si devono riportare in altezza la posizione delle file considerando l'altezza dell'unità più 1 cm di giunto.



Figura 5.13 : Riporto quote file

**3.** Si procede dunque con la posa della prima fila di mattoni. In questa fase entrano in gioco più persone per agevolare il lavoro: una persona deve dare le direttive di posa dei mattoni a seconda del progetto; una seconda persona provvede a fornire il secchio con la malta, precedentemente preparata, ed un secchio con dell'acqua a colui che deve posare i mattoni.

Tenendo sempre bene in vista le corde guida, si procede a pulire e poi bagnare il piano di appoggio della malta su cui posare i laterizi. Una volta posato il letto di malta, si prosegue con la posa del laterizio, accuratamente bagnato, che viene adeguatamente battuto per aumentare la superficie di presa e la sua compattazione con la malta. Si procede con la stessa operazione per tutta la lunghezza del muro.



Figura 5.14 : Posa mattone

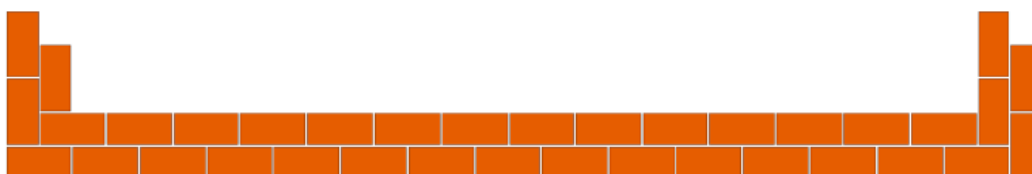


Figura 5.15 : Disposizione mattoni prima fila

Nel caso in cui un mattone debba essere rimosso per via di un errato posizionamento o per errori in generale, occorre ripulire quanto possibile il mattone e riporlo nuovamente in opera con nuova malta.

In caso di pioggia è necessario interrompere i lavori per evitare una eccessiva quantità d'acqua negli elementi e nella malta.

Per quanto riguarda la realizzazione delle porte, occorre lasciare a partire dalla prima fila di mattoni, il vuoto necessario per il loro inserimento.

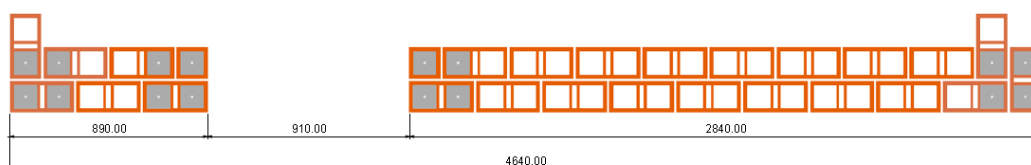


Figura 5.16 : Disposizione mattoni prima fila con rinforzo, parete porta

**4.** Completata la prima fila di mattoni, si fanno due piccoli buchi di ispezione in corrispondenza dei mattoni che dovranno accogliere il getto di calcestruzzo; questo buco di ispezione verrà trattato in dettaglio nel punto 9.

Si innalza quindi la corda guida e si provvede a murare la seconda fila, proseguendo nella maniera riportata nella tavola precedentemente mostrata, ed spostando ogni volta le corde guida alle altezze riportate precedentemente.

I giunti verticali devono sempre essere sfalsati; tendenzialmente si posiziona la fila di mattoni superiore in corrispondenza della mezzeria del mattone da posare.

È essenziale che i letti di malta nella muratura dei mattoni siano completamente riempiti; i giunti di malta devono essere continui in modo da coprire l'intera faccia verticale ed orizzontale dell'elemento e fino al bordo esterno; non eseguire correttamente la posa della malta potrebbe provocare delle aperture nei giunti di malta orizzontali.

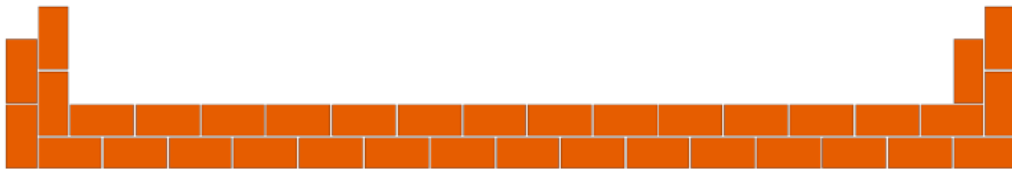


Figura 5.17 : Disposizione mattoni seconda fila

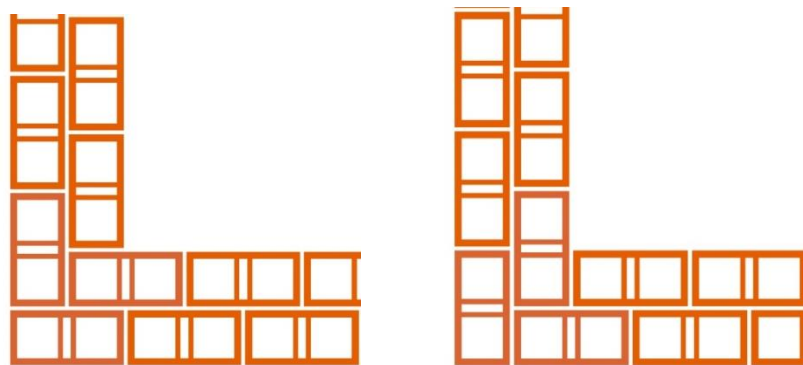


Figura 5.18 : Disposizione mattoni angolo, prima e seconda fila

**5.** Dopo aver completato la seconda e poi la terza fila di blocchi (che sarà uguale alla prima fila) si provvede a disporre le armature trasversali di raccordo tra i blocchi in modo da aumentare la collaborazione tra le due file.

Terminate le successive tre file di mattoni, si procede con l'armatura orizzontale di rinforzo longitudinale. In questo modo ogni 30 cm (che corrispondono a tre file verticali di mattoni) vi è un rinforzo orizzontale alla struttura. Si procede con le stesse operazioni per tutti i muri.

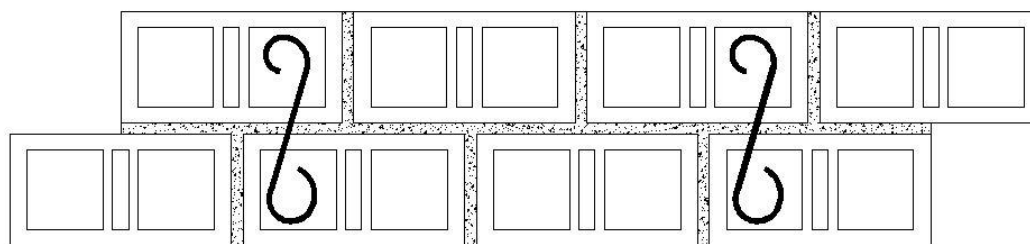


Figura 5.19 : staffe di collegamento orizzontale tra mattoni

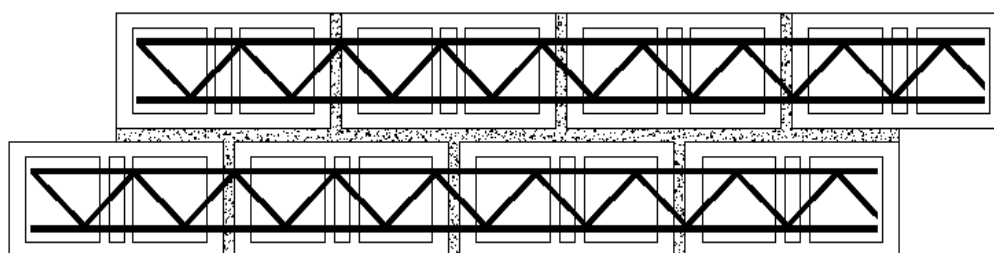


Figura 5.20 : armatura orizzontale di rinforzo

**6.** Controllare sempre l'allineamento e la verticalità del muro , durante la fase di costruzione, tramite il filo a piombo, le guide e le cordicelle. Il filo a piombo si fa cadere delicatamente contro il muro e si verifica che questo rimanga parallelo al piano verticale; se il muro è inclinato, si deve sistemare la sua verticalità.

**7.** Se il muro dispone di una o due finestre, una volta giunti alla altezza di 100 cm si predispone lo spazio per la eventuale finestra.

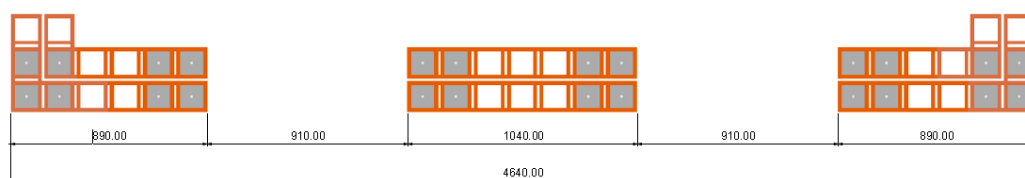


Figura 5.21 : Disposizione mattoni – parete con due finestre

**8.** Il procedimento di posa dei mattoni, prosegue fino al raggiungimento dell'altezza di 2.10 m (esattamente dopo 19 file di mattoni) e poi dovrà essere inserita l'architrave delle porte interne, che per comodità di lavorazione sarà anche l'architrave delle finestre.





Figura 5.22 : Architrave

La dimensione degli architravi è pari alla lunghezza della porta o della finestra più lo spazio sufficiente per gli appoggi sulla muratura (15/20cm per appoggio);

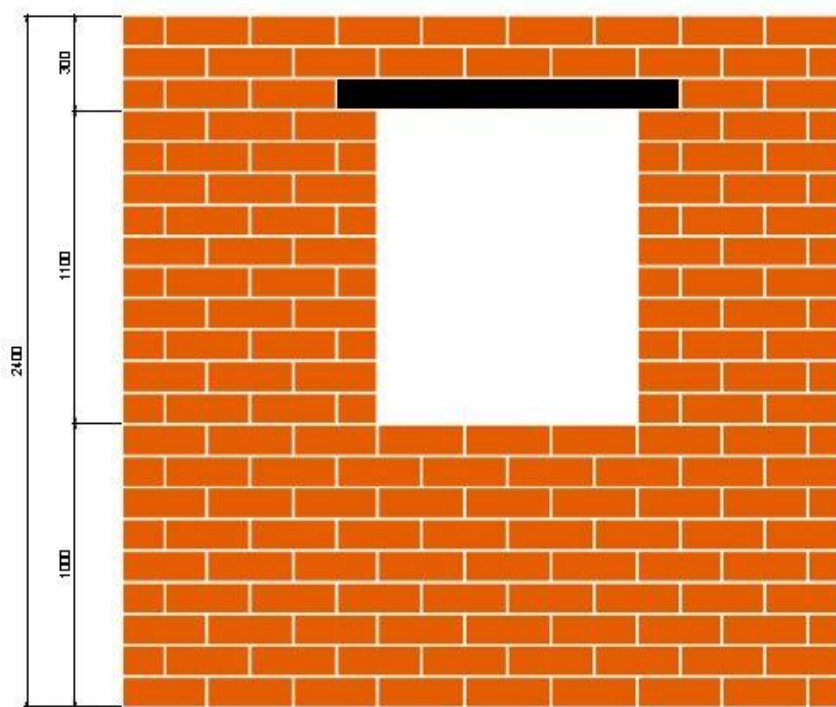


Figura 5.23 : Posizionamento dell'architrave della finestra

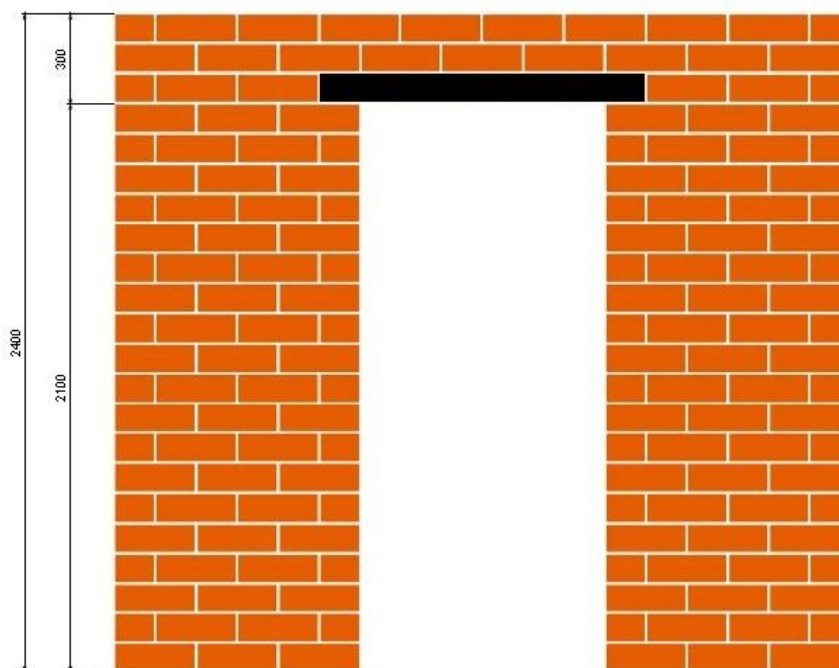


Figura 5.24 : Posizionamento dell'architrave della porta

9. Dopo aver terminato di posizionare l'ultima fila di mattoni, si è giunti alla quota di intradosso del soffitto richiesta da progetto, si procede con la collocazione della armatura. Come introdotto nel punto 4 e come indicato nell'immagine sottostante, si tratta il buco di ispezione; prima di procedere con il getto del calcestruzzo si provvede a ripulire i vuoti dei mattoni (che dovranno accogliere il calcestruzzo) dalla malta che per via dello schiacciamento subito dal mattone posato sopra, ha sbordato. In questo modo la superficie verticale dei mattoni è perfettamente pulita ed il getto può avvenire in maniera omogenea senza vuoti.



Figura 5.25 : Pulizia per inserimento del rinforzo

- Quando i vuoti siano puliti, si collocano le barre di armature d'accordo alle tavole
- Si versa il calcestruzzo di riempimento nelle celle.

Dopo si può procedere con il getto del cordolo e solaio corrispondente.

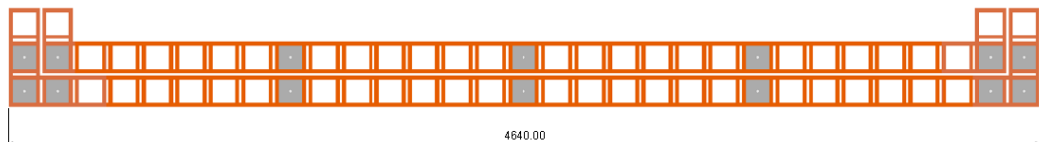


Figura 5.26 : Disposizione mattoni e rinforzo parete



## 5.7. Realizzazione del solaio

# Solaio

---

A questo livello si è, come detto, raggiunta la quota dell'intradosso del soffitto; si procederà dunque alla posa in opera del solaio.

In cantiere devono arrivare, oltre i travetti prefabbricati, i ferri già piegati della maniera corretta e della giusta lunghezza e dovranno essere posizionati come da progetto. Il travetti prefabbricati devono essere posati accuratamente sopra dei pallet nella seguente maniera

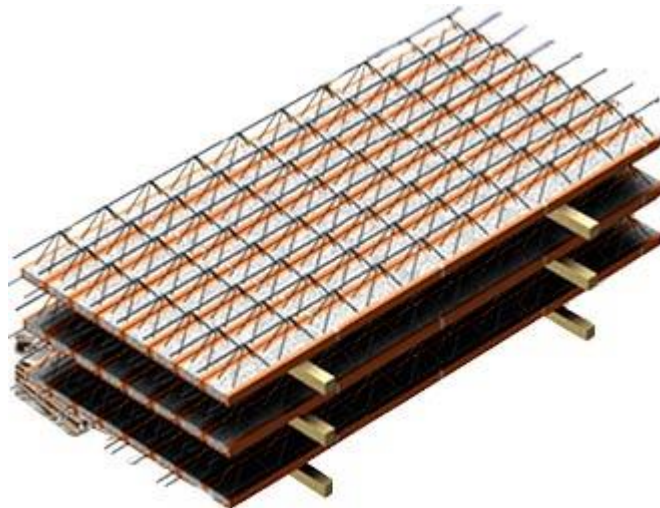


Figura 5.27 : Stoccaggio travetti prefabbricati

Nella analisi dei carichi si è presentata la stratigrafia dell'impalcato di piano tipo e quindi sono già noti i materiali di cui il solaio sarà composto. La stratigrafia seguirà la seguente successione di costruzione: travetti e mattoni di alleggerimento; getto di calcestruzzo; rete elettrosaldata. In più dove previsto occorre inserire dei ferri opportunamente dimensionati in diametro e numero, in aggiunta ai ferri dei travetti.

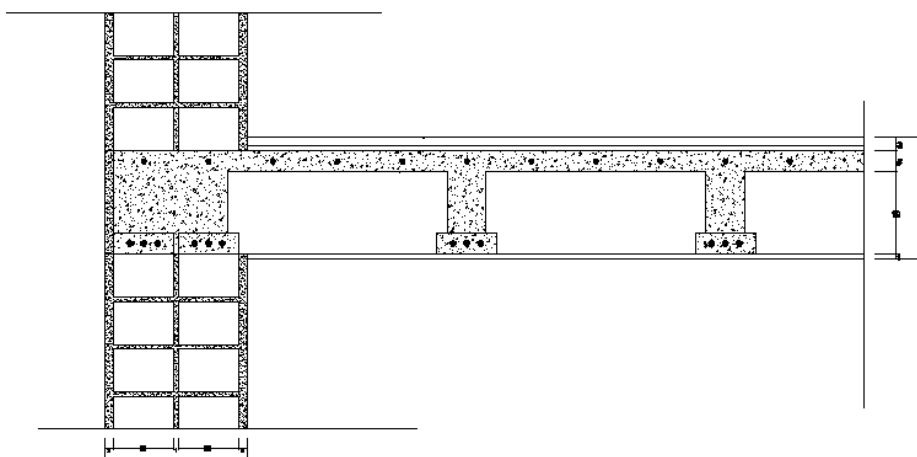


Figura 5.28 : Sezione Solaio – cordolo con travetti prefabbricati

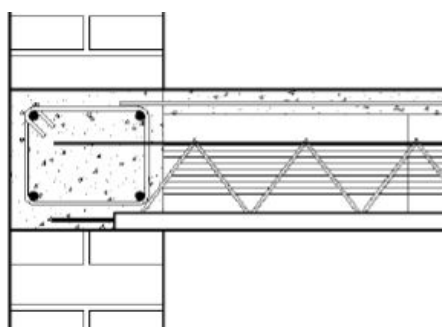


Figura 5.29 : Sezione Solaio – cordolo con travetti prefabbricati

**2.** E' necessario armare il solaio con dei rompitratta e con dei puntelli, a una distanza di un metro uno dall'altro, in quanto i travetti prenderanno improvvisamente il carico dei mattoni (pur di alleggerimento) del calcestruzzo, e dovranno reggere il peso di coloro che ci lavorano sopra.

Si iniziano a mettere in opera i travicelli in legno sopra i cristi in ferro che verranno disposti ciascuno ogni metro del travicello. I rompi tratta saranno posti in direzione ortogonale ai travetti e saranno due, in modo da formare quattro zone di solaio ciascuna larga 1 m (la luce del solaio è di 4 m). Si inizia a montare prima il rompi tratta centrale.

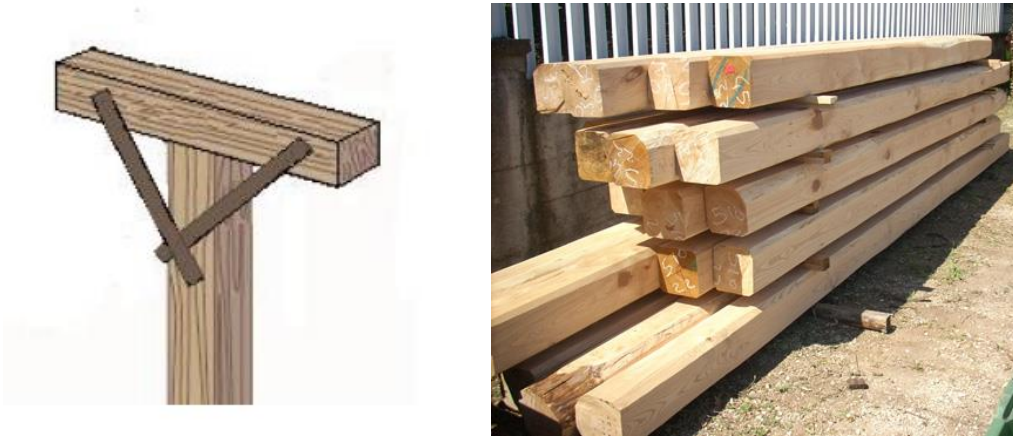


Figura 5.30 : Assi di legno per rompi tratta



Figura 5.31 : Posizionamento dei rompi tratta

**3.** In corrispondenza dei due muri che fungeranno da appoggio ai travetti, verranno posizionati due tavolati sorretti da cristi in ferro in modo da agevolare la posa dei travetti.

Si procede quindi con la posa dei travetti; se ne posizioneranno prima tre in modo da fissare il rompi tratta centrale: un travetto al centro del solaio e gli altri due ai lati estremi. Infine si posizionano gli altri due rompi tratta e si può procedere con la posa di tutti i travetti e dei mattoni di alleggerimento.

**4.** Per la posa si parte da un lato e si inserisce un blocco di alleggerimento ad ogni capo del travetto e poi il secondo travetto; si procede in questa maniera fino al centro del solaio e poi fino al travetto nella parte opposta. Al momento si inseriscono solo due blocchi in modo da avere le distanze corrette dei travetti ed in modo da sapere dove devono essere posizionati tutti i mattoni.



Figura 5.32 : Prime fasi di posizionamento dei mattoni



Figura 5.33 : Fissaggio dei travetti





Figura 5.34 : Posizionamento dei mattoni e posizionamento della rete elettrosaldata e delle armature

**5.** Si procede con la posa dei casseri per i muri perimetrali, nel muro di spina non vi sarà il bisogno di casseformi in quanto il getto andrà ad avvolgere completamente tutto l'insieme dei travetti, dei mattoni e dei cordoli di armatura.

**6.** Si dovrà procedere con l'armatura dei cordoli che consistono in gabbie di ferro da porre sui muri, l'armatura aggiuntiva dei travetti e la rete elettrosaldata del solaio.

**7.** si procede con il getto del calcestruzzo, posare il composto tramite una carriola e provvedere a distribuirlo in piano tramite dei rastrelli.



Figura 5.35 : Getto del calcestruzzo

**8.** Dopo aver provveduto a rendere piana la superficie del calcestruzzo, si procede a vibrare il getto, con un piccolo ferro.



Figura 5.36 : Vibrazione del calcestruzzo

**9.** Il disarmo del solaio può avvenire solamente dopo che il calcestruzzo ha raggiunto la resistenza ottimale (non prima di ventisette giorni). Questa operazione deve avvenire con estrema attenzione e deve avvenire gradualmente in modo da evitare qualunque sollecitazione aggiuntiva imprevista.

Data la difficoltà nel recuperare i puntelli questi si prevedono in legno e saranno a perdere.

Di seguito si riportano le sezioni dei solai per la situazione di modulo su una campata e di doppio modulo quindi su due campate

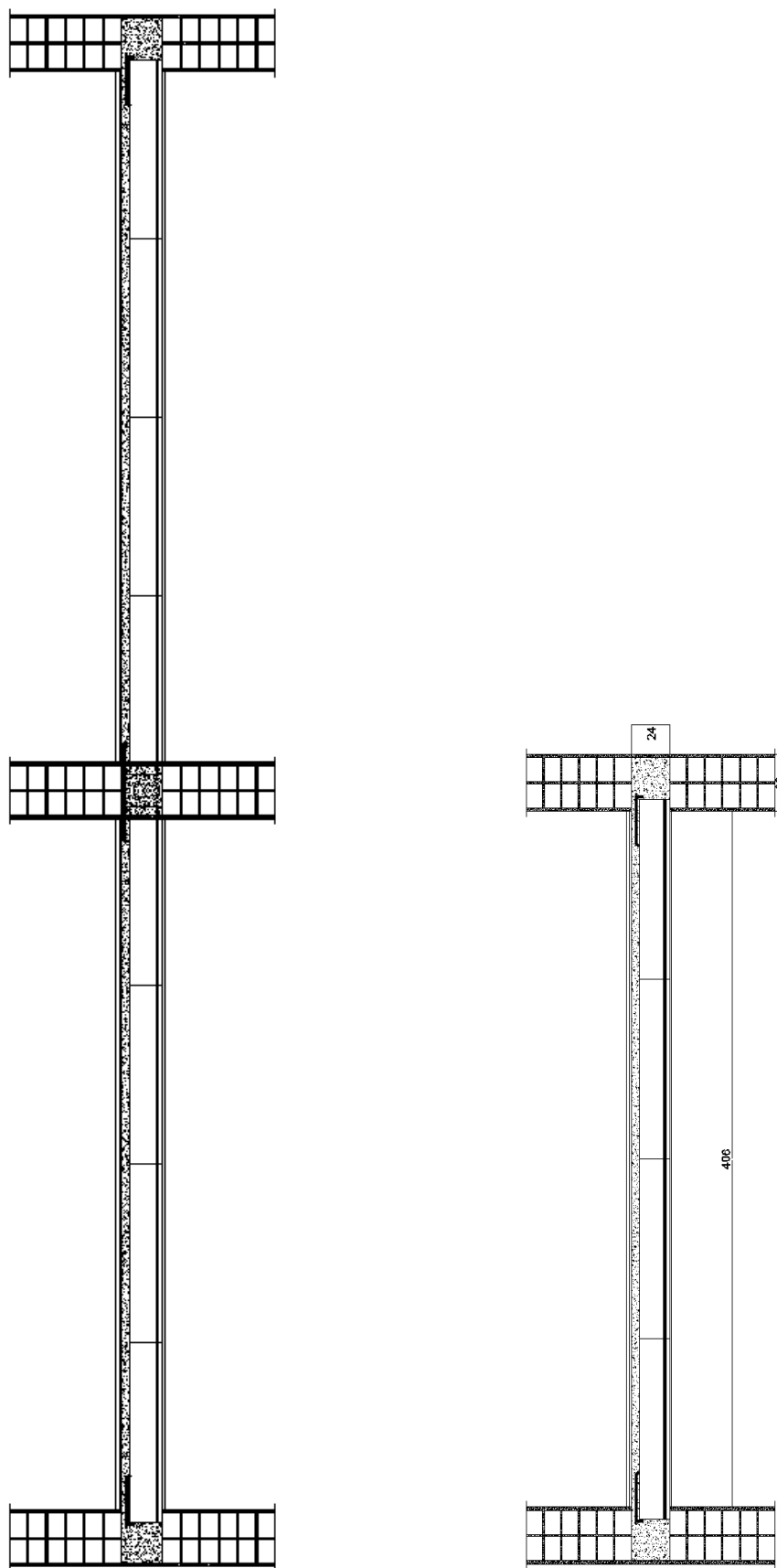


Figura 5.37 : Sezioni Solaio

## 5.8. Fasi finali

# Fasi Finali

---

Per procedere alla realizzazione completa della abitazione su tre piani, occorre seguire le stesse operazioni spiegate ai punti 5.6 e 5.7. La progettazione dei vari piani è stata pensata.

La costruzione di una abitazione è completa quando:

- Si trova in un luogo sicuro, lontano dal rischio di frane o dal rischio di inondazioni
- Non vi sono crepe sulle pareti, nei muri o nel soffitto;
- Gli spazi interni sono confortevoli e puliti per tutti i suoi abitanti;
- Dispone di manufatti, arredi e attrezzature necessarie per lo sviluppo sostenibile delle abitudini e atteggiamenti.

Indipendentemente dai materiali impiegati, la costruzione deve essere:

- Resistente, stabile e sicura;
- I pavimenti devono essere impermeabili e facili da pulire. (Un terreno umido o di terra è il luogo ideale per i parassiti e insetti che possono minacciare la salute);
- Una buona illuminazione e ventilazione per favorire il ricambio d'aria;
- Le coperture devono evitare l'ingresso di acqua e di animali;
- Si devono impiegare materiali di buona qualità.

Infine per poter assicurare il comfort ottimale, la muratura deve aver smaltito tutta l'umidità in eccesso accumulata nelle fasi di lavoro; pertanto a copertura ultimata occorre consentire all'edificio di "respirare" lasciandolo in condizioni di massima ventilazione altrimenti si andrebbe a posare l'intonaco su uno strato ancora troppo umido e questo comporterebbe problemi di condensazione.

## 5.9. Organizzazione degli spazi

# Organizzazione

---

La distribuzione degli spazi interni all'abitazione deve prevedere spazi separati a seconda delle attività che devono esservi svolte. Occorre separare la zona giorno dalla zona notte e cercare di prevedere un bagno in ciascuna delle due zone; nella zona notte bisogna separare le camere dei genitori da quella dei figli.

Se la famiglia possiede una attività produttiva all'interno della abitazione, come negozi, officine meccaniche, magazzini, è importante separare l'area di lavoro dalla abitazione ed in particolare dalla zona notte e dalla cucina.



### *Conclusioni*

Tutto il Sudamerica presenta una forte richiesta di abitazioni; se si potesse fornire a ciascun cittadino delle linee guida da seguire ed una assistenza tecnica per costruire la propria abitazione in sicurezza, si potrebbero prevenire una lunga serie di problemi: costruire secondo precisi criteri tecnici e statici, in terreni sicuri e lontani dal rischio di inondazioni o frane; costruire abitazioni con la giusta distribuzione urbana in modo da non esasperare il quartiere o intasare gli spazi. Questi sono alcuni degli accorgimenti che dovrebbero essere sempre presi in considerazione da chiunque decida di costruire la propria abitazione.

Non sempre questo è possibile in quanto le peggiori situazioni di allarme sociale si presentano nelle periferie invase dai più poveri che vogliono fuggire dalla guerra interna al Paese e migrano alla ricerca di migliori opportunità di vita; questi costruiscono prima un rifugio con materiali trovati qua e là e con poca valenza strutturale con lo scopo principale della sopravvivenza, e poi una volta stabiliti provvedono a ingrandire le abitazioni peggiorando la situazione perché le strutture risultano sovraccaricate o mal costruite. Spesso si costruisce in terreni non edificabili o che presentano forti rischi geologici.

Provvedere a fornire un progetto concreto di una abitazione consentirebbe di ridurre quantomeno i rischi legati alla resistenza della abitazione stessa e consentirebbe di limitare gli errori che si vedono fare nella costruzione delle baraccopoli.

Entrano in gioco tutti:

- il singolo cittadino deve fare uno sforzo in quanto l'abitazione non deve essere intesa solo come un rifugio o un tetto sotto cui sopravvivere, ma deve divenire un luogo di identità familiare e di benessere;
- la famiglia deve curare la propria abitazione e provvedere ad aumentarne il volume non con il solo scopo di inserire al suo interno più persone, ma con l'idea di aumentare gli spazi per tutti in modo da poterla rendere più vivibile e confortevole;
- la comunità intera deve contribuire come se fosse una sola persona a migliorare le condizioni di tutti; l'auto costruzione non potrà mai funzionare se non vi è da parte di tutti un forte senso comunitario e di solidarietà reciproca;

Conclusioni:

---

- lo stato da parte sua deve impegnarsi a respingere con forza l'abusivismo edilizio e lo sviluppo dei quartieri informali e di fianco deve educare la comunità insegnando la cultura del rispetto reciproco e della condivisione dei beni.

Per quanto riguarda i progetti di nuova costruzione sarebbe anche sufficiente investire il denaro dello Stato per la bonifica e la lottizzazione dei terreni in modo da favorire l'auto costruzione guidata; parallelamente bisognerebbe aumentare le scuole tecniche in modo da insegnare le basi per la costruzione delle abitazioni. Costruire in lotti già organizzati riduce i rischi di catastrofi naturali e consente al governo di mantenere un certo controllo sul territorio.

Per quanto riguarda la ristrutturazione delle abitazioni, lo stato si fa carico di legalizzare le abitazioni solo dopo che i loro proprietari hanno sistemato ed adeguato le loro proprietà a dei livelli minimi standard; in questo senso vengono dati incentivi e viene legalizzata l'abitazione.

Le linee guida esposte nel presente elaborato sono nate con l'idea di dare delle informazioni tecniche e pratiche in modo da permettere a tutti di poter costruire autonomamente la propria abitazione in maniera economica (si elimina il costo della manodopera) ed in sicurezza.

Il progetto è stato localizzato nella città di Bogotá per via della forte necessità di costruire abitazioni solide e staticamente valide.

L'obiettivo di proporre delle linee guida è stato qui portato a termine; ci si è resi conto che più ci si addentra nella realtà Bogotana e più ci si rende conto di quanto l'uomo riesca ad adattarsi alle situazioni più critiche. I passi di sviluppo sociale ed abitativo sarebbero tantissimi da compiere; occorre la volontà di tutti pur riconoscendo che non sempre la volontà delle persone oneste è sufficiente; la criminalità, l'illegalità, le guerre e la corruzione, portano a situazioni di inevitabile degrado sociale e l'unico modo per combatterli è quello di riunire le forze e credere in una società più giusta per tutti.



## ***BIBLIOGRAFIA***

Abramo, P. (2012, maggio). La ciudad com-fusa: mercado y producción de la estructura urbana en las grandes metrópolis latinoamericanas.

Alianza Internacional de Habitantes . (2013). Políticas alternativas de vivienda en América Latina y el Caribe.

Amigos de Villa. (s.d.). Antecedentes, Lima: las invasiones y los invasores. Tratto il giorno 02 22, 2014 da Historia de una ciudad: Villa El Salvador, Lima - Perú: <http://www.amigosdevilla.it/historia/antecedentes04.html>

Amigos de Villa. (s.d.). Antecedentes, Lima: las invasiones y los invasores. Tratto da Historia de una ciudad: Villa El Salvador, Lima - Perú: <http://www.amigosdevilla.it/historia/antecedentes04.html>

Angel, M., & O'Byrne , M. (2012). Casa + casa + casa = ¿ciudad? Germán Samper: una investigación en vivienda. Tratto da German Samper: [http://www.germansamper.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=171](http://www.germansamper.com/index.php?option=com_content&view=article&id=171)

Architettura ecosostenibile. (s.d.). Tratto il giorno 04 19, 2014 da <http://www.architetturaecosostenibile.it>:  
<http://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/>

Banco Interamericano de Desarrollo - BID. (s.d.). Tratto il giorno 07 05, 2014 da Proyectos: <http://www.iadb.org/es/proyectos/busqueda-avanzada,1301.html?country=CO&nofilter>

Bouillon, C., & BID. (2012). Un espacio para el desarrollo: Los mercados de la vivienda en América Latina y el Caribe.

Case in paglia. (s.d.). Tratto il giorno 05 15, 2014 da <http://www.caseinpaglia.it>:  
[http://www.caseinpaglia.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=46&Itemid=53](http://www.caseinpaglia.it/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=53)

CENAC. (2009). Desarrollo social, la pobreza urbana y las condiciones de vivienda. Tratto da CENAC.

CLACSO - Catálogos. (2008). Las migraciones en América Latina. Buenos Aires.

Conclusioni:

---

Coffeenews. (s.d.). Tratto il giorno 07 04, 2014 da <http://www.coffeenews.it>:  
<http://www.coffeenews.it/come-costruire-una-casa-in-muratura-inizio-lavori-fondazioni-e-cordolo-di-ripartizione>

Colegio de Arquitectos de Cataluña. (2013, maggio). PREVI Lima. Proyecto Experimental de Vivienda. Tratto il giorno 02 23, 2014 da Quaderns d'arquitectura i urbanisme: <http://quaderns.coac.net/es/2013/05/previ-lima/>

Colegio de Arquitectos de Cataluña. (2013, maggio). PREVI Lima. Proyecto Experimental de Vivienda. Tratto da Quaderns d'arquitectura i urbanisme: <http://quaderns.coac.net/es/2013/05/previ-lima/>

Del Roio, J. (s.d.). America Latina, Debito Estero. Tratto il giorno 02 24, 2012 da La Storia Paravia Bruno Mondadori: [http://www.pbmstoria.it/dizionari/storia\\_mod/a/a057.htm](http://www.pbmstoria.it/dizionari/storia_mod/a/a057.htm)

Gilbert, A. (1996). The mega-city in Latin America. Tratto da <http://archive.unu.edu/unupress/unupbooks/uu23me/uu23me00.htm>

Gilbert, A. (1997). La ciudad latinoamericana.

Gilbert, A. (2001). La Vivienda en América Latina.

Jha, A. K. (2007, Gennaio). Low-income Housing in Latin America and the Caribbean. World Bank.

Koenig-Fanelli-Furiozzi-Paolini. (2003). Corso di tecnologia delle costruzioni-Materiali e meccanica delle terre. Mondadori Education.

LecaBlocco. (s.d.). Tratto il giorno 05 10, 2014 da <http://www.lecablocco.it>:  
[www.lecablocco.it/upload/magenes.pdf](http://www.lecablocco.it/upload/magenes.pdf)

McBride, B., & French, M. (2011). Affordable land and housing in Latin America and the Caribbean.

McBride, B., French, M., & UN-HABITAT. (2011). Affordable land and housing in Latin America and the Caribbean.

Muratura armata. (s.d.). Tratto il giorno 04 12, 2014 da <http://www.muraturaarmata.it>: <http://www.muraturaarmata.it/progettazione>

Online Zanichelli. (s.d.). Tratto il giorno 07 01, 2014 da <http://online.scuola.zanichelli.it>:

[http://online.scuola.zanichelli.it/zavanellaprogettazione-files/Volume\\_1/Approfondimenti/Zanichelli\\_Zavanella\\_Vol1\\_UnitaC3\\_Par4.pdf](http://online.scuola.zanichelli.it/zavanellaprogettazione-files/Volume_1/Approfondimenti/Zanichelli_Zavanella_Vol1_UnitaC3_Par4.pdf)

ONU-HABITAT. (2009). ONU-HABITAT. Tratto il giorno 07 03, 2014 da PILaR:

[http://www.onuhabitat.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1136:pilar&catid=172:proyectos&Itemid=175](http://www.onuhabitat.org/index.php?option=com_content&view=article&id=1136:pilar&catid=172:proyectos&Itemid=175)

ordine ingegneri Bergamo. (s.d.). Tratto da <http://www.ordineingegneri.bergamo.it:www.ordineingegneri.bergamo.it/atti/sismica/009.pdf>

promolegno. (s.d.). Tratto il giorno 04 15, 2014 da <http://www.promolegno.com>: <http://www.promolegno.com/tecnologia/sistemi-costruttivi/>

TECHO. (s.d.). Techo Colombia. Tratto il giorno 07 05, 2014 da <http://www.techo.org/colombia/#n>

The World Bank. (s.d.). El Banco Mundial. Trabajamos por un mundo sin pobreza. Tratto il giorno 07 04, 2014 da [Proyectos y operaciones: http://www.bancomundial.org/projects/search?lang=es&searchTerm=&countrycode\\_exact=CO](http://www.bancomundial.org/projects/search?lang=es&searchTerm=&countrycode_exact=CO)

Un-Habitat. (s.d.). Un-Habitat For a Better Urban Future. Tratto il giorno 07 03, 2014 da Colombia: <http://unhabitat.org/colombia/>