

**PROGETTAZIONE DI UN COMPLESSO
RESIDENZIALE ECOSOSTENIBILE
AD AREQUIPA - PERÙ**

CLAUDIA BENGOA ALVAREZ

PROGETTAZIONE DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE ECOSOSTENIBILE AD AREQUIPA – PERÙ

CLAUDIA BENGOA ALVAREZ

RELATORE: MARIO GROSSO
CORRELATORE: MARIANNA NIGRA



RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare il prof. Grosso, relatore, e la prof.ssa Nigra, co-relatore di questa tesi, per la grande disponibilità e cortesia dimostratemi, e per tutto l'aiuto fornito durante la stesura.

Ad Arturo, Flor, Celia e Neda, per essermi stati vicini sia nei momenti difficili, sia nei momenti felici; cari amici, grazie per avermi incoraggiato ed speso parte del proprio tempo per leggere e discutere con me le bozze del mio lavoro.

Un ringraziamento particolare va ai miei nonni Isaura, Lilia, Fermín e Jacobo, perché siete stati voi il mio esempio di lavoro, coraggio e costanza, grazie per avermi fatto capire l'importanza dello studio e della cultura.

A mia mamma Ana Maria, mio papà Alberto, mia sorella Andrea e mio zio Jose Alejandro, che mi hanno permesso di percorrere e concludere questo cammino con successo, siete voi il mio esempio vivente del fatto che dopo ogni difficoltà, ci si deve sempre rialzare, senza mai arrendersi. Grazie per essermi stati vicini in ogni momento anche se eravamo fisicamente lontani, questo traguardo e tutto per voi.



INDICE

INTRODUZIONE

Capitolo 1. APPROCCIO SOSTENIBILE E BIOCLIMATICO

1.1. Importanza della progettazione sostenibile	10
1.2. Principi generali dell'architettura bioclimatica	11
1.3. Fattori bioclimatici da considerare nel design	13
1.3.1. Radiazione solare	14
1.3.1.1. A livello masterplan	15
1.3.1.2. A livello edificio (Architettura solare passiva)	16
1.3.1.2.1. Guadagno solare indiretto	16
1.3.1.2.1.A. L'avvolgente	16
1.3.1.2.1.B. I tetti verdi	17
1.3.1.2.2. Guadagno solare diretto	18
1.3.1.2.2.A. Le aperture	18
1.3.1.2.2.B. La serra solare	23
1.3.1.2.2.C. Pannelli solari	24
1.3.2. Il vento	25
1.3.2.1. A livello masterplan	25
1.3.2.2. A livello edificio (Raffrescamento passivo)	26
1.3.2.2.A. Ventilazione trasversale	27
1.3.2.2.B. L'effetto camino	28
1.4. Matrice microclimatica di sito	29

Capitolo 2. MACROANALISI

2.1. Però, aspetti da considerare	32
2.1.1. Geografia e clima	33
2.1.2. Economia e boom edilizio	36
2.1.3. Cultura Inca e importanza della sua preservazione	37
2.2. Architettura e urbanistica Inca	39
2.2.1. Urbanistica Inca	40
2.2.1.1. Fattori del disegno urbano	40
2.2.1.1.1. Credenze magiche-religiose	40



INDICE

2.2.1.1.2. Principi di autorità e ordine	46
2.2.1.1.3. Pragmatismo economico	46
2.2.1.1.4. Posizione inclusiva	46
2.2.2. Architettura Inca	48
2.2.2.1. Principi della composizione architettonica	48
2.2.2.1.1. Unità spaziale	48
2.2.2.1.2. Valutazione dei parametri	49
2.2.2.1.3. Decorazione aperture	50
2.2.2.1.4. Fusione architettura – paesaggio	52
2.2.2.2. Tecnologia costruttiva	52
2.2.2.3. Elemento: La «Chakana»	53
2.2.3. Esempio di applicazione nell'attualità	54

Capitolo 3. MICROANALISI

3.1. Arequipa, città oasi	58
3.1.1. Localizzazione, altitudine, longitudine	59
3.1.2. Topografia e paesaggio naturale	60
3.1.3. Clima	67
3.1.3.1. Temperature	67
3.1.3.2. Pressione	68
3.1.3.3. Umidità relativa	69
3.1.3.4. Piovosità	71
3.1.3.5. Ore di sole	72
3.1.3.6. Radiazione solare	74
3.1.3.7. Velocità e direzione del vento	75
3.1.4. L'edilizia	77
3.1.4.1. Uso del suolo	78
3.1.4.2. Altezza delle costruzioni	79

Capitolo 4. ANALISI DEL SITO

4.1. Localizzazione	83
4.1.1. Analisi livello distretto	84
4.1.2. Analisi livello quartiere	86



INDICE

4.1.2.1. Analisi del verde	86
4.1.2.2. Analisi pieni/vuoti, analisi gerarchia stradale	88
4.1.3. Analisi livello terreno	91
4.1.3.1. Misure e visuali	92
4.1.3.2. Topografia del terreno	93
4.1.3.3. Analisi delle vie	90
4.1.3.4. Analisi bioclimatica	95
4.1.3.5. Analisi percettiva	95
4.1.3.6. Normativa	94

Capitolo 5. IL PROGETTO

5.1. Masterplan	97
5.1.1. Masterplan generale	97
5.1.2. Concept – Analogia Inca	98
5.1.3. Matrice microclimatica del sito	99
5.1.3.1. Matrice microclimatica + masterplan generale	100
5.1.4. Aree verdi e zonizzazione degli alberi	101
5.1.4.1. Studio degli alberi adatti al clima della città	102
5.1.5. Aree aperte di ricreazione	103
5.1.5.1. Piazza dell'acqua	103
5.2. Area costruita	109
5.2.1. L'edificio	109
5.2.1.1. Planimetria	109
5.2.1.2. Sezioni e prospetti	116
5.2.1.3. Analisi bioclimatica	118
5.2.1.4. Dettagli architettonici e materiali	120
5.2.1.5. Calcoli bioclimatici	123
5.2.2. Case	126
5.2.2.1. Tipologia A	126
5.2.2.1.1. Localizzazione rispetto al Masterplan	126



INDICE

5.2.2.1.2. Planimetria	127
5.2.2.1.3. Sezioni e prospetti	127
5.2.2.1.4. Analisi bioclimatica	127
5.2.2.2. Tipologia B	131
5.2.2.2.1. Localizzazione rispetto al Masterplan	131
5.2.2.2.2. Planimetria	132
5.2.2.2.3. Sezioni e prospetti	132
5.2.2.2.4. Analisi bioclimatica	132
5.2.2.3. Tipologia C	136
5.2.2.3.1. Localizzazione rispetto al Masterplan	136
5.2.2.3.2. Planimetria	137
5.2.2.3.3. Sezioni e prospetti	140
5.2.2.3.4. Analisi bioclimatica	140
5.2.2.4. Analisi bioclimatica dell'insieme di case	141
5.2.2.5. Dettagli architettonici e materiali	141
CONCLUSIONI	145
BIBLIOGRAFIA	146



INTRODUZIONE

L'idea della progettazione di un Complesso Residenziale Ecosostenibile ad Arequipa – Perù, nasce dalla premessa di poter aiutare allo sviluppo della mia città, Arequipa, con le conoscenze che ho acquisito in questi anni di studio al Politecnico di Torino.

Si tratta di uno studio dove si prendono in considerazione variabili climatici, culturali e storiche per il design di un progetto architettonico, dal masterplan ai dettagli architettonici.

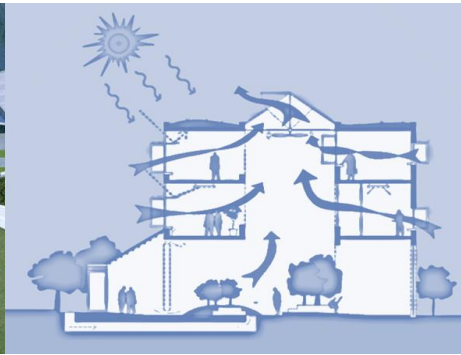
In primo luogo, si fa un'analisi dei dati del posto riguardo alla localizzazione, clima e topografia, in modo di determinare quali sono le strategie bioclimatiche più adatte da utilizzare nel progetto; con questo analisi si decide di dare priorità all'uso di strategie progettuali correlate alla radiazione solare e alla ventilazione naturale.

Si è anche considerato dare importanza alla cultura Inca, che anche se continua ad essere preservata nei complessi archeologici, deve essere rivalutata nell'architettura contemporanea. Gli Incas pur essendo una cultura antichissima, progettavano pensando alla preservazione del ambiente ed alla eco-efficienza, motivo per cui nell'attualità si può ancora imparare dei loro principi di design architettonici e urbanistici, recuperarli ed applicarli.

Il Complesso Residenziale Ecosostenibile, è un progetto che vuole cominciare a creare una cultura sostenibile nella città di Arequipa e dare importanza alla eredità culturale del paese rivalutando l'architettura Inca, in un'epoca in cui nel Perù si produce il boom edilizio, per cui questo progetto si considera totalmente fattibile da realizzare.



1. APPROCCIO SOSTENIBILE



1. APPROCCIO SOSTENIBILE

1.1. Importanza della progettazione sostenibile

L'architettura sostenibile progetta e costruisce edifici per limitare l'impatto ambientale, ponendosi come finalità progettuali l'efficienza energetica, il miglioramento della salute, del comfort e della qualità della fruizione degli abitanti, raggiungibili mediante l'integrazione nell'edificio di strutture e tecnologie appropriate.

Fare architettura sostenibile significa saper costruire e gestire un'edilizia in grado di soddisfare al meglio i bisogni e le richieste dei committenti, tenendo

conto, già dalla prima fase del progetto, dei ritmi e delle risorse naturali, senza causare danno o disagio agli altri e all'ambiente, cercando di inserirsi armoniosamente nel contesto, pensando, quindi, anche ad un riuso totale dello spazio e dei materiali.

Inoltre, la progettazione sostenibile deve sapere riscoprire la continuità con la storia e il paesaggio, attraverso le nuove consapevolezze della eco sostenibilità e della biocompatibilità.



1.2. Principi generali dell'architettura bioclimatica

1. Integrare l'architettura con l'ambiente circostante.

2. Valutare i fabbisogni:

La costruzione di un edificio ha un impatto ambientale, pertanto occorre analizzare e valutare i fabbisogni di spazio e superfici, distinguendo tra quelli indispensabili e quelli facoltativi, e attribuendo delle priorità.

3. Progettare in rapporto al clima locale:

L'architettura bioclimatica mira a controllare il microclima domestico sfruttando il sole, il vento, le precipitazioni, l'umidità e la radiazione solare mediante strategie progettuali passive (ventilazione naturale, tecniche di controllo dell'irraggiamento solare, ecc.) che ottimizzano scambi termici tra edificio e ambiente circostante (Figura 1).

4. Architettura ecologica per risparmiare energia:

Importanti fattori per il risparmio energetico sono il rapporto tra superficie esterna, volumetria e isolamento termico dell'involucro. Una minore superficie esterna e un buon

isolamento comportano meno perdite di calore.

5. Pensare a fonti energetiche rinnovabili:

Nella progettazione di un edificio bisogna valutare l'impiego di tecnologie che usano energie rinnovabili; ad esempio, è conveniente incorporare dei pannelli fotovoltaici nel design per avere una fonte di produzione di energia elettrica.

6. Risparmiare acqua:

L'uso razionale dell'acqua consiste nell'impiego di dispositivi che riducono i consumi idrici, nonché nell'utilizzo di acqua piovana per gli usi tecnologici (WC, lavatrici, ecc.).

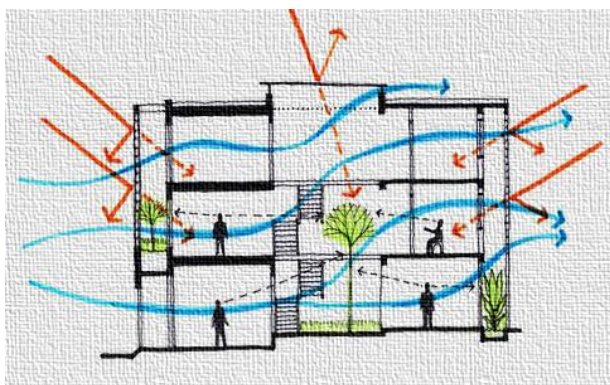


Fig. 1. Schema di progettazione tenendo in conto il clima del posto.



7. Costruire edifici di maggiore qualità:

Gli edifici ecologicamente sostenibili hanno elevata qualità e maggiore longevità, hanno una facile manutenzione e sono adattabili a cambiamenti d'uso, esigono meno riparazioni, alla fine del loro ciclo di vita sono facilmente decomponibili e smaltibili, soprattutto se è semplice il sistema costruttivo e limitata la varietà dei materiali impiegati.

8. Evitare rischi per la salute:

I rischi per la salute degli abitanti di un edificio derivano anche dall'impiego di certi materiali da costruzione, generati durante la produzione e la lavorazione, come grandi quantità di solventi,



Fig. 2. Costruzione sostenibile in terra cruda, che usa il materiale del posto.

polveri, fibre ed altri agenti tossici, nocivi anche dopo la costruzione per lungo tempo: ciò determina inquinamento indoor e provoca disagi e patologie.

9. Utilizzare materiali ottenuti da materie prime rigenerabili e locali:

L'impiego di materiali ottenuti da materie prime rigenerabili e con processi che necessitano poca energia riduce sensibilmente gli impatti ambientali.

L'uso di materiali locali rende i trasporti brevi, riduce il consumo di combustibili e l'inquinamento ambientale (Figura 2).

10. Utilizzare materiali riciclabili:

L'utilizzo di materiali riciclabili prolunga la permanenza delle materie nei cicli ecologici ed economici e, di conseguenza, riduce il consumo di materie prime e la quantità dei rifiuti.

11. Gestire ecologicamente i rifiuti:

Per poter gestire ecologicamente i rifiuti provenienti da demolizioni e ristrutturazioni, bisogna diminuirne la quantità e la varietà, raccogliarli in modo da facilitarne il recupero, il riciclaggio o lo smaltimento, suddividendoli per categorie.



1.3. Fattori bioclimatici da considerare nel design

Progettare un'architettura sostenibile significa considerare elementi fondamentali nel processo di design, tra cui **l'orientamento, le temperature, il soleggiamento, l'ombreggiamento prodotto dalle preesistenze, l'umidità, la piovosità, ed i fattori di ventilazione naturale**; ma anche l'adozione di

sistemi alimentati da biomasse, sistemi domotici di gestione, **sistemi di sfruttamento e gestione dell'energia rinnovabile**. Tutto ciò deve essere realizzato e integrato con **materiali studiati appositamente per interagire con l'ambiente** e con le sue caratteristiche peculiari (Figura 3).

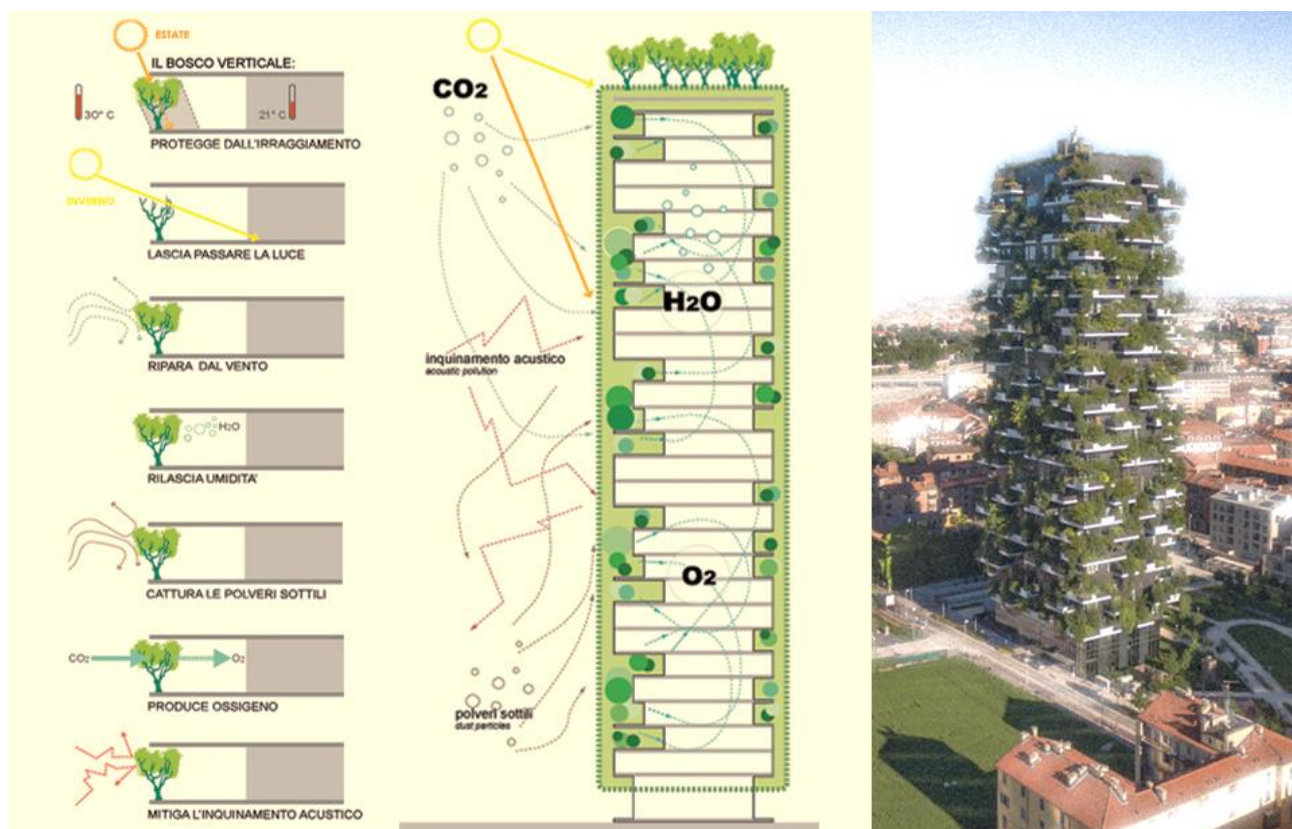


Fig. 3. Processo di design del "Bosco Verticale", considerando le strategie sostenibili da utilizzare.



PROGETTAZIONE CLIMATICA

“La progettazione climatica del sito è l’insieme di operazioni preliminari al progetto di un nuovo insediamento, relative alla localizzazione, alla forma planivolumetrica e all’orientamento degli edifici stessi, nonché alla sistemazione degli spazi esterni, in funzione del microclima” (1).

La progettazione clima – sito deve considerare l'utilizzo dei fattori microclimatici come risorse energetiche, e controllare la sua influenza per il raggiungimento del comfort negli edifici.

I fattori microclimatici più importanti considerati nella progettazione del Complesso Residenziale Ecosostenibile ad Arequipa - Perù sono: l'irraggiamento solare ed i flussi di aria da vento; altri fattori tenuti in conto sono la temperatura, l'umidità e la piovosità; tutti orientati al design bioclimatico in armonia con la configurazione topografica del terreno.

1.3.1. RADIAZIONE SOLARE

“La localizzazione, la forma generale, e

l’orientamento degli edifici e degli altri elementi (inclusi quelli vegetali), che caratterizzano la progettazione di un intervento insediativo, devono rispondere all’obiettivo di ridurre l’esposizione alla radiazione solare estiva degli spazi di uso (interni ed esterni), salvaguardando la possibilità di valorizzarne gli apporti solari invernali. Tale obiettivo si raggiunge studiando in modo analitico le ipotesi progettuali localizzative e planivolumetriche, in rapporto al contesto ambientale specifico e, in particolare, alle variabili geoastronomiche solari locali” (2).

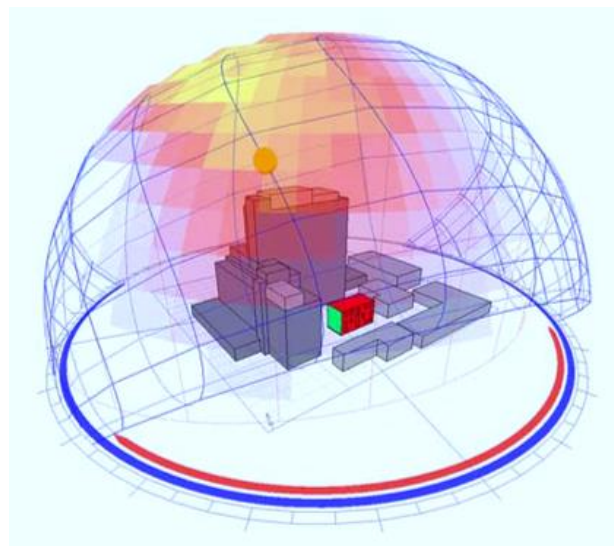


Fig. 4. Esempio di analisi qualitativa della radiazione solare.



(1)(2) Si veda: Grosso Mario (2008), Il raffrescamento passivo degli edifici in zone a clima temperato (II edizione), cap. 5, pp. 177-178. Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli Editore.

1.3.1.1. A LIVELLO MASTERPLAN:

Nella progettazione del masterplan, la prima cosa da tenere in conto deve essere **l'orientamento del terreno, per poi poter determinare i possibili orientamenti degli edifici che faranno parte del progetto, giacché un adeguato orientamento determinerà un maggior risparmio energetico.**

Considerando che il progetto si localizza **nell'emisfero sud**, la **radiazione solare** può essere ben **impiegata nel riscaldamento passivo diretto degli edifici** se questi sono **orientati a nord**, poiché questo orientamento permette di avere un maggior numero di ore di sole e,



Fig. 5. Ombre degli edifici circostanti al terreno e la loro influenza nello spazio a disegnare.

conseguentemente di poter catturare più energia durante il giorno.

Tuttavia **si deve considerare che il sole è solo desiderabile in inverno e non in estate**, premessa da tenere presente nel design a livello di edificio, con l'obiettivo di ridurre la potenza dei raggi di sole in quella stagione.

Dopo aver definito il possibile orientamento degli edifici, si passa a **determinare l'ubicazione delle aree aperte** (piazze, parchi, aree verdi, ecc.) **e delle aree da costruire**; in questo punto è molto importante **tenere in conto gli ostacoli che circondano il terreno del progetto**, come ad esempio alberi o altre costruzioni, dato che questi **possono produrre ombreggiamento** sull'area a lavorare (Figura 5).

L'ombreggiamento è conveniente in estate ma non in inverno, ed è un fattore che si studia assieme alla ventilazione (zone calme di vento) in ogni stagione dell'anno, utilizzando il metodo della **"MATRICE MICROCLIMATICA DI SITO"**; questo studio serve a **determinare le zone più adatte al collocamento degli edifici e le zone più adatte al design degli spazi aperti.**



1.3.1.2. A LIVELLO EDIFICIO:

L'uso della luce solare implica una riduzione del consumo di energia per le condizioni di illuminazione nel disegno architettonico, questa, infatti può variare: sia a seconda dell'orientamento degli spazi, sia per le dimensioni dell'apertura e trasparenza delle finestre.

L'obiettivo di utilizzare l'energia solare, suppone la selezione di materiali adatti per le mura e le coperture, così come l'orientamento degli spazi, tra altri fattori (Figure 6 e 7).

ARCHITETTURA SOLARE PASSIVA

I sistemi solari passivi si propongono di attutire le variazioni termiche interne in confronto con quelle esterne, facendo **uso del calore proveniente dal sole in maniera naturale.**

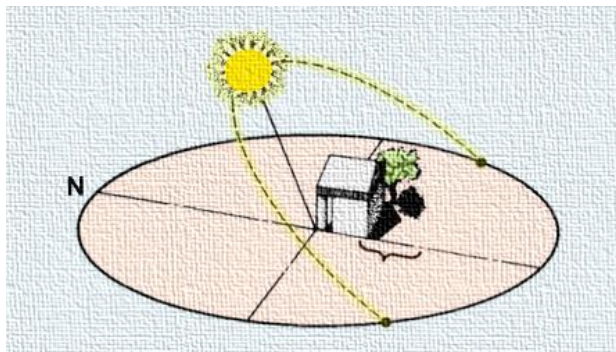


Fig. 6. Percorso del sole in estate, emisfero sud.

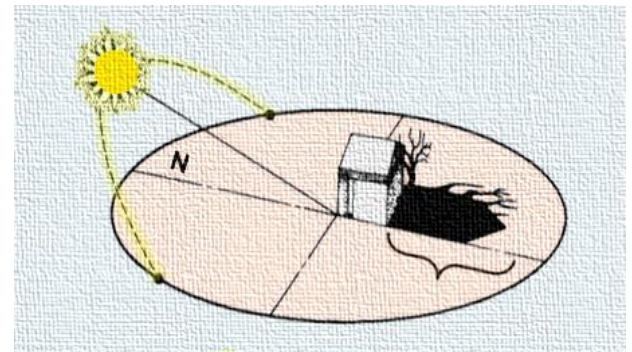


Fig. 7. Percorso del sole in inverno, emisfero sud.

Seguendo questa linea i principali sistemi solari utilizzati nella presente tesi sono:

1.3.1.2.1. GUADAGNO SOLARE INDIRETTO:

A) L'AVVOLGENTE

La **funzione principale delle chiusure** di una costruzione è **preservare le condizioni interne presenti, indipendentemente da quelle esterne.**

Un modo per ottenere tale effetto, è per mezzo della riduzione dell'intercambio di calore tra l'interno e l'esterno; in modo che le mura esercitino la funzione d'isolante termico, prendendo in considerazione:

1. Lo spessore dei materiali.
2. Le dimensioni delle chiusure.
3. Le proprietà termofisiche dei materiali che la compongono.



A una **maggiore superficie**, corrisponde una **maggiore capacità d'intercambio del calore** tra l'esteriore e l'interno; mentre **ad un maggiore volume**, **maggiore capacità d'immagazzinare calore**.

Ad esempio l'uso di mura spesse e pesanti donano l'edificio di molta massa termica e assicurano all'interno una temperatura stabile a mezzogiorno.

Un altro aspetto ad intervenire nel meccanismo d'intercambio energetico tra l'abitazione e l'esterno, è il colore della facciata. I colori chiari sulla facciata di un edificio facilitano il riflesso della luce naturale e per tanto, aiutano a repellere il calore

dell'insolazione; contrariamente i colori scuri facilitano l'attrazione solare.

B) I TETTI VERDI

Il tetto verde è un **tetto piano o inclinato di un edificio, parzialmente o completamente ricoperto di vegetazione e può essere di due tipi: estensivo oppure intensivo**, in funzione del tipo di vegetazione scelto (Figura 8).

Accanto alle funzioni primarie di protezione dall'acqua, dal rumore e di protezione termica, la soluzione di tetto verde offre grandi vantaggi estetici, di miglioramento del clima e soprattutto ecologici, perché restituisce all'ambiente preziosi spazi verdi.

*** Caratteristiche specifiche del sistema:**

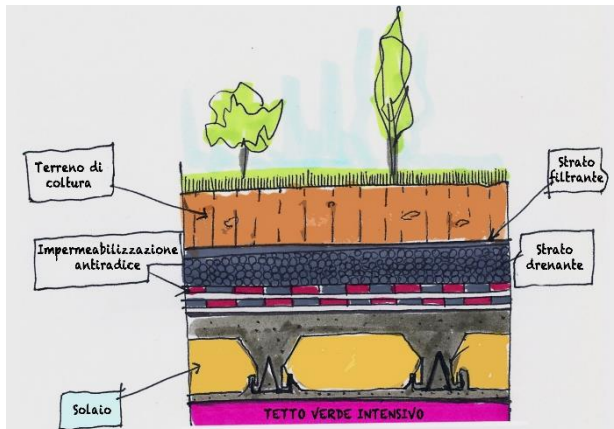


Fig. 8. Composizione di un tetto verde intensivo.



Fig. 9. Funzionamento tetto verde in estate / inverno.



B.1. TETTO VERDE E RADIAZIONE SOLARE:

Il beneficio principale è la **regolazione termica del microclima dovuta all'evapotraspirazione delle piante**, provocando un minore trasferimento d'energia solare all'interno delle abitazioni, visto che il 90% della radiazione solare assorbita e discipata attraverso i tetti verdi (Figura 9).

B.2. ALTRI BENEFICI:

- Ricostituzione di superfici verdi.
- Ritenzione idrica che alleggerisce il carico del sistema di drenaggio e smaltimento delle acque meteoriche.
- E' esteticamente gradevole.
- Favorisce la produzione di ossigeno.
- Riduzione della presenza di polveri sottili.
- Lotta contro l'effetto isola di calore, funziona come l'isolamento termico e quindi genera un risparmio energetico.

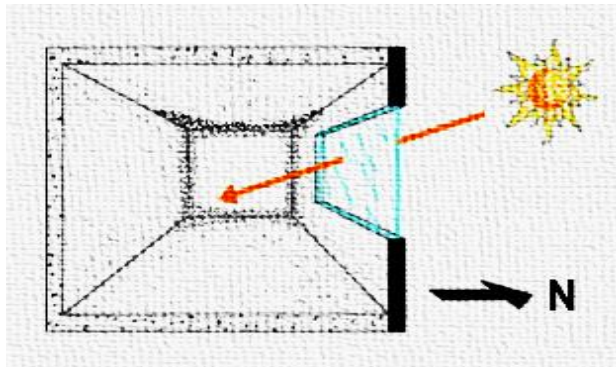


Fig. 10. Guadagno solare diretto nella mattina.

1.3.1.2.2. GUADAGNO SOLARE DIRETTO

A) LE APERTURE

Dentro i sistemi passivi di ottenimento d'energia, quello più basilico consiste **nell'ottenimento della radiazione solare di forma diretta, attraverso finestre, finestroni, cortili cristallati, lucernari e altri elementi trasparenti o traslucidi delle coperture** (Figure 12, 13, 14 e 15).

In questo modo, **l'energia solare si accumuna grazie questi vetri, diretti strategicamente** (Figure 10 e 11).

Le superficie vetrate devono essere misurate d'accordo all'orientamento e le funzioni delle necessità di calore dell'edificio o abitazione da climatizzare.

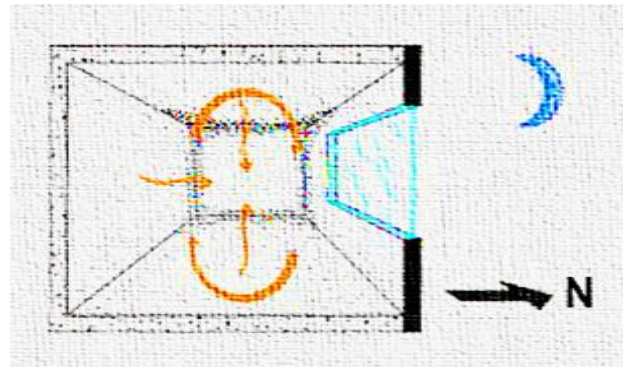


Fig. 11. Conservazione del calore fino alla sera.



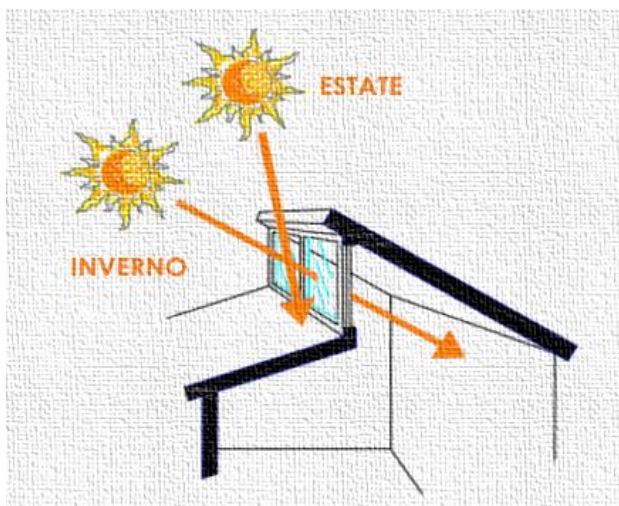


Fig. 12. Apertura tipo CLERISTORIO, lascia entrare il sole in forma diretta in inverno, e prova ad evitarlo in estate.

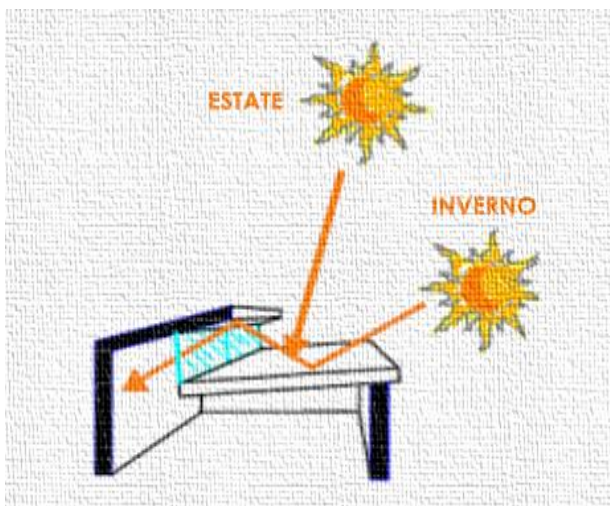


Fig. 13. Apertura tipo FRANGISOLE, i raggi di sole rimbalzano sui tetti per poi entrare nelle stanze nel periodo invernale.

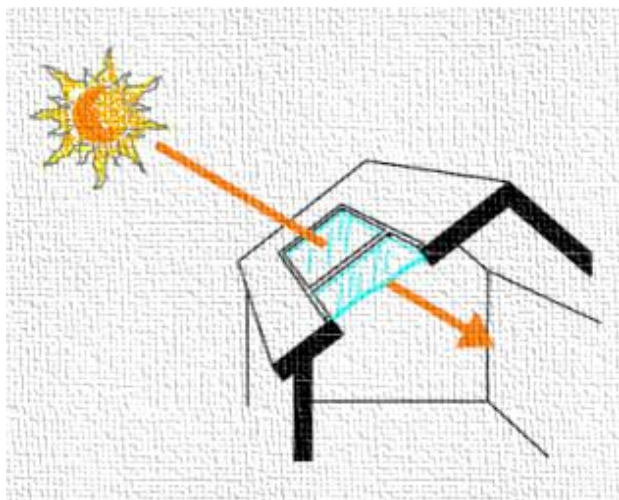


Fig. 14. Apertura tipo LUCERNARIO, i raggi di sole entrano per la copertura dell'edificio, in forma zenitale, per illuminare il sottotetto o gli ambienti sottostanti.

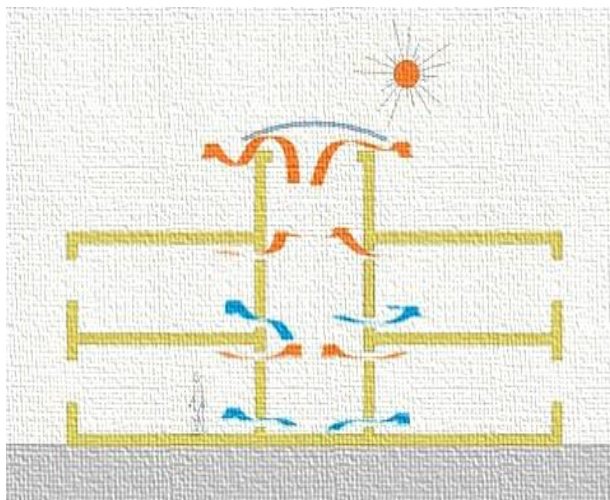


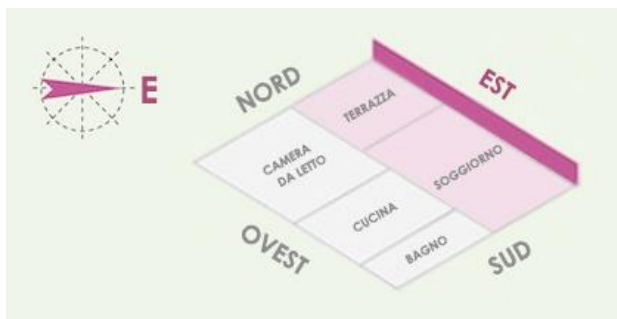
Fig. 15. CAMINO SOLARE, oltre a funzionare come un elemento di illuminazione naturale per gli ambienti interiori, permette anche di avere una buona ventilazione nell'edificio.



A.1. DIMENSIONI:

Le finestre allungate in senso verticale e situate sul lato interno della parete, lasciano entrare una minor quantità di radiazione solare, evitando il surriscaldamento delle camere soleggiate. Invece, le finestre più grandi situate sul lato esterno della parete, aumentano l'assorbimento della radiazione solare.

A.2. ORIENTAMENTO DI STANZE E FINESTRE, D'ACCORDO AL BISOGNO DI RADIAZIONE SOLARE



ORIENTAMENTO EST:

Stanze consigliate: **SOGGIORNO E TERRAZZA.**

Con questo orientamento, le stanze avranno sole durante tutto l'anno dall'alba al mezzogiorno.

Per la protezione dal sole del mattino si possono utilizzare schermature orizzontali.



ORIENTAMENTO OVEST:

Stanze consigliate: **NESSUNA.**

Con questo orientamento, le stanze avranno sole durante tutto l'anno dal mezzogiorno al tardo pomeriggio.



ORIENTAMENTO NORD:

Stanze consigliate: **SOGGIORNO E CAMERE DA LETTO.**

Con questo orientamento, le stanze avranno sole durante tutto il giorno in inverno, e solo nelle ore centrali del giorno in estate. Per poter limitare le ore di sole nei mesi estivi si può far uso di schermature solari.





ORIENTAMENTO SUD:

Stanze consigliate: CUCINA, SALOTTO, UFFICIO.

Con questo orientamento, le stanze avranno sole in estate, il mattino presto e nel tardo pomeriggio.

Le finestre esposte a nord-est e nord-ovest:

Sono molto soleggiate, sia d'estate che d'inverno, con raggi quasi orizzontali, che penetrano profondamente all'interno della stanza.

Le finestre esposte ad est e ovest:

Ricevono i raggi orizzontali durante l'equinozio, che man mano vanno raddrizzandosi fino al solstizio d'estate.

Le finestre esposte a sud:

Ricevono poco sole d'estate e nel periodo vicino al solstizio d'estate.

Le finestre esposte a nord:

Ricevono raggi orizzontali d'inverno e raggi quasi verticali d'estate.

Le finestre esposte a sud-est e a sud:

Non vengono battute dal sole d'inverno, ma solo soleggiate di primavera e d'autunno; durante l'estate, il sole penetra perpendicolarmente dalla finestra.

A.3. SCHERMATURE SOLARI:

Una schermatura solare è un **sistema che permette, attraverso la sua azione, una risposta dinamica, adeguando le radiazioni solari incidenti sulle aperture trasparenti o vetrate** di un edificio al fine di migliorare il comfort e ridurre il consumo energetico (Figura 16).

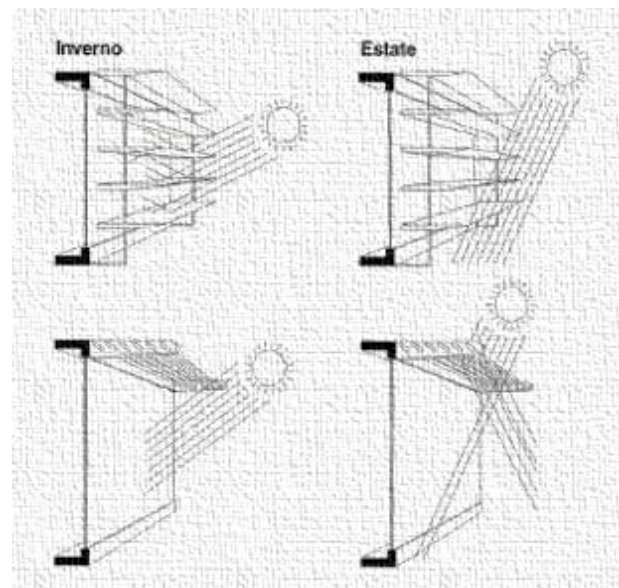


Fig. 16. Funzionamento di alcune schermature solari sia in estate che in inverno.



A.3.1. DIAGRAMMA DEL PERCORSO SOLARE E MASCHERE DI OMBREGGIAMENTO

Ci sono molte tipologie di schermature solari, tuttavia la migliore opzione può essere determinata con il Diagramma del Percorso Solare.

Passi da seguire:

1. Determinare l'angolo di rotazione del Diagramma Schioisogonico (angolo tra il nord e la perpendicolare alla facciata a studiare) (Figura 17).
2. D'accordo alla schermatura scelta, determinare gli angoli di ombreggiamento (orizzontale e verticale), ed inserirli nel Diagramma Schioisogonico (Figura 18).
3. Finalmente questo diagramma si deve rotare secondo l'angolo del punto 1, e si deve copiare l'area ombreggiata sul Diagramma del Percorso Solare (Sun path diagram), dove si mostreranno le ore di sole e di ombra prodotte dalla schermatura in ogni mese dell'anno, rendendo possibile determinare se il dispositivo di ombreggiamento è il più adatto al progetto (Figure 19 e 20).

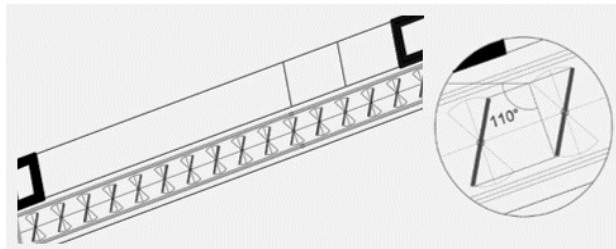


Fig. 17. Schermature Solari e angolo di rotazione del Diagramma Schioisogonico.

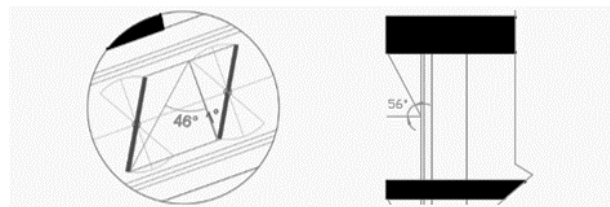


Fig. 18. Angoli di ombreggiamento.

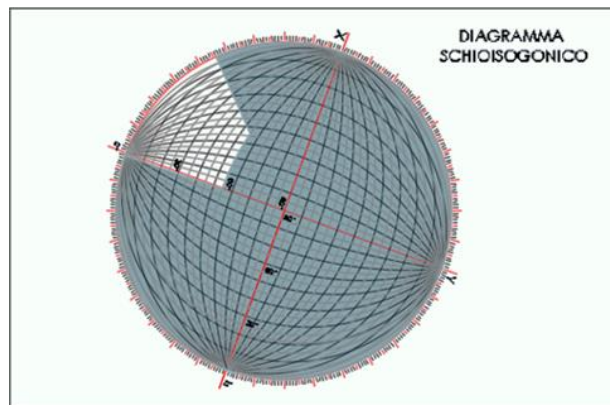


Fig. 19. Diagramma Schioisogonico dove si crea la Maschera di Ombreggiamento.

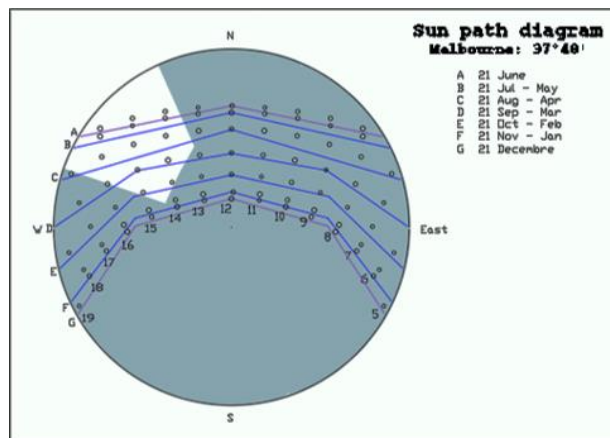


Fig. 20. Diagramma del Percorso Solare, determina le ore di sole e le ore di ombra.



B) LA SERRA SOLARE

La serra solare è un vano vetrato integrato o confinante con un edificio, composto da infissi e vetri ad alta efficienza energetica, e posizionato con un orientamento ben preciso.

Questa struttura è in grado di captare l'energia solare, e veicolarla all'interno dell'edificio, contribuendo di questa forma al riscaldamento degli ambienti ed aiutando a ridurre i consumi.

In inverno: La serra solare svolge una funzione di massa di accumulo termico che rilascia gradualmente il calore (Fig. 22). In estate: La serra solare (dotata di

schermature solari) funziona come sistema di ventilazione naturale (Fig. 21).

ORIENTAMENTO: E' preferibile che la serra bioclimatica sia esposta a nord (emisferio sud).

ESPOSIZIONE: L'orientamento a nord fa sì che la struttura abbia una massima esposizione solare durante tutto l'arco del giorno e garantisca così il giusto apporto di calore sia in inverno sia in estate.

MATERIALI: Deve essere realizzata con materiali che permettano l'irraggiamento solare e al tempo stesso limitino la dispersione termica. I materiali più utilizzati sono: PVC, alluminio, legno e legno-alluminio.

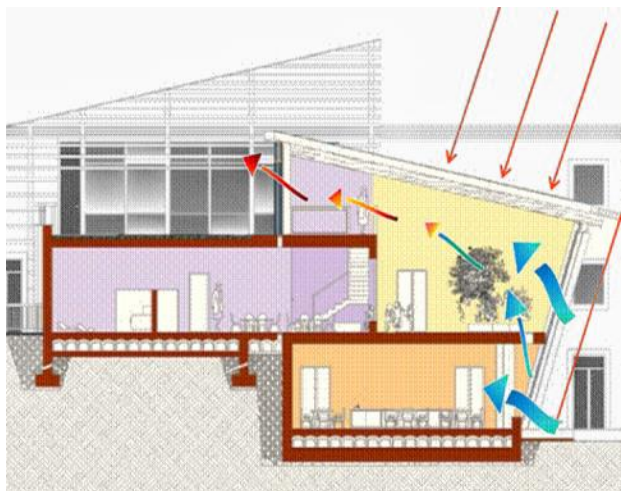


Fig. 21. Serra solare, funzionamento estivo (sistema di ventilazione naturale).



Fig. 22. Serra solare, funzionamento invernale (massa di accumulo termico).



C) PANNELLI SOLARI FOTOVOLTAICI

Un pannello fotovoltaico è un **dispositivo composto da celle fotovoltaiche, in grado di convertire l'energia solare incidente in energia elettrica mediante effetto fotovoltaico, tipicamente impiegato come generatore di corrente in un impianto fotovoltaico** (Figura 23).

Le caratteristiche nominali del pannello (potenza, tensione, corrente nominali) si ottengono con l'esposizione diretta del pannello al sole, l'irraggiamento nominale ideale di 1000 Watt/metro quadro, la posizione perpendicolare ai raggi del sole, e l'assenza di ombreggiamenti.

I pannelli fotovoltaici messi in altre condizioni producono energia ma in minore misura.

PRINCIPALI BENEFICI:

1. Produzione di energia elettrica per autoconsumo.
2. Dispositivo eco-friendly, le celle solari non rilasciano particelle di nessun tipo nell'aria.
3. Funziona con sistemi silenziosi, non c'è un inquinamento acustico.

4. Non danneggiano la qualità del suolo né dell'aria, il suo uso può ridurre le emissioni di gas ad effetto serra.
5. Per quanto riguarda il costo, si investe solo nei componenti e nell'installazione dei pannelli solari, più avanti non ci sono più costi aggiuntivi.
6. Sono affidabili e non richiedono molta manutenzione.
7. Si possono trovare una grande varietà di pannelli solari a diversi costi.
8. Rappresentano un risparmio nelle bollette elettriche.
9. Incentivano il rispetto per l'ambiente.

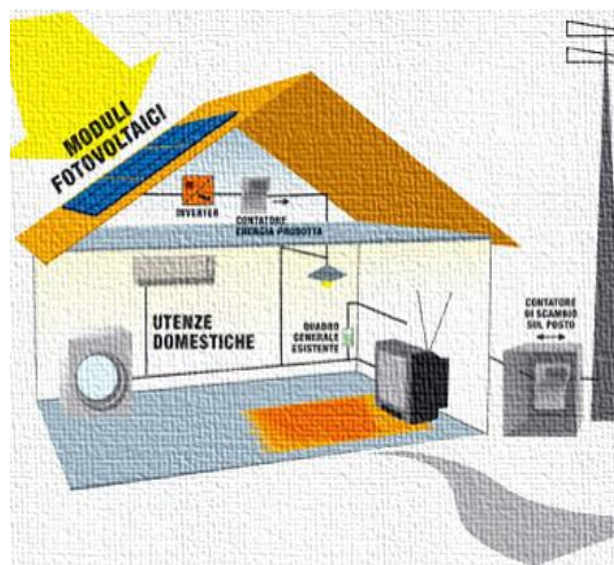


Fig. 23. Schema dove si può vedere il funzionamento dei moduli fotovoltaici, dentro della casa ed anche collegati alla rete elettrica.



1.3.2. IL VENTO

“L’esposizione ai venti dominanti estivi è un parametro fondamentale per il raffrescamento di un sito e di un edificio. Per individuarne la direzione devono essere analizzati i dati relativi alla ventosità della stazione meteorologica più vicina al sito stesso, opportunamente adattati in relazione alle caratteristiche orografiche e topografiche della località e alla eventuale presenza di bacini d’acqua. Deve essere evitata, per ovvie ragioni, l’esposizione ai venti caldi [...]; i venti locali a regime di brezza di origine termica, invece, sono i più adatti al raffrescamento degli edifici, in relazione alla loro ciclicità giornaliera e al loro effetto di abbassamento della temperatura” (3).

1.3.2.1. A LIVELLO MASTERPLAN:

Nella progettazione del masterplan, è **importante principalmente conoscere l’orientamento del terreno e la velocità e direzione del vento del sito**, sia in estate che in inverno; con questi dati si può determinare un possibile posizionamento ideale degli edifici a **progettare sfruttando al massimo la ventilazione naturale**, tenendo sempre in conto che la ventilazione è solo conveniente in estate per il raffrescamento degli ambienti e si deve provare ad evitare in inverno per non abbassare le temperature di più.

Inoltre è molto importante sapere da dove provengono i venti, e se sono venti caldi o venti freddi (Figura 24).

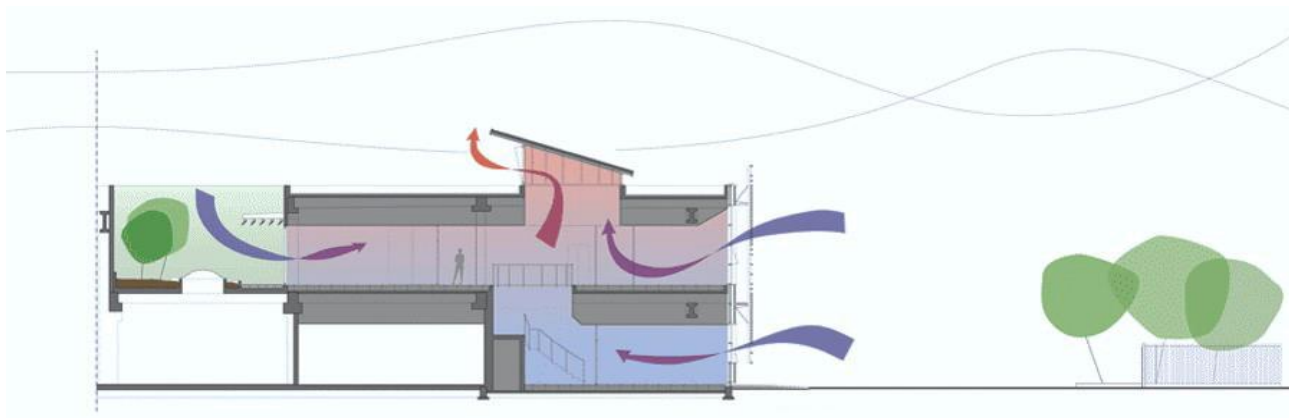


Fig. 24. Schema di ventilazione naturale con effetto camino.

Per la definizione delle aree aperte e le aree da costruire, risulta anche importante tenere **conto degli ostacoli che circondano il terreno del progetto**, come ad esempio alberi o altre costruzioni, dato che questi **possono produrre zone in scia di vento, desiderabili in inverno ma svantaggiose in estate** (Figura 25).

Lo studio delle zone in scia di vento e delle zone ventilate, messo insieme allo studio dell'ombreggiamento e soleggiamento nella "MATRICE MICROCLIMATICA DI SITO"; definisce le zone più adatte al collocamento degli edifici e le zone più adatte al design degli spazi aperti nel masterplan generale.

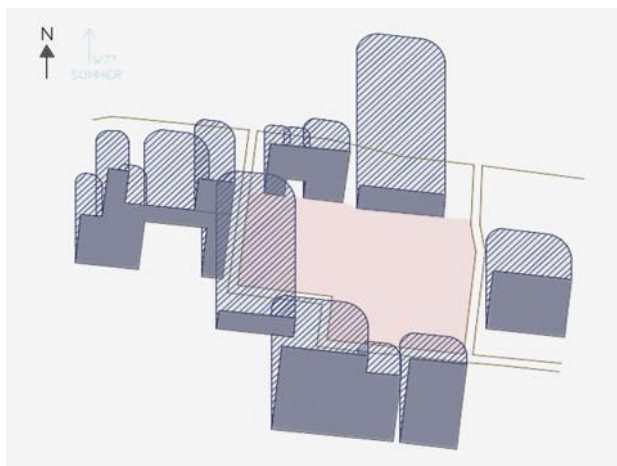


Fig. 25. Aree in scia di vento degli edifici circostanti.

1.3.2.2. A LIVELLO EDIFICIO:

Lo sfruttamento delle risorse ventilative naturali costituisce un ottimo strumento per garantire il raffrescamento passivo degli edifici, specialmente nelle stagioni estive (Figura 26).

In pratica, il movimento e il rinnovamento dell'aria, che sono tanto maggiori quanto più consistenti sono le differenze di temperatura e pressione tra l'interno e l'esterno, sottraggono calore alle strutture edilizie per convezione termica, fenomeno avvenuto in modo naturale.

Questa strategia oltre a garantire benefici refrigerativi, consente anche di migliorare la qualità, la purezza e la freschezza dell'aria.



Fig. 26. Schema di ventilazione naturale.



La progettazione deve porre particolare attenzione a una serie di elementi che influiscono direttamente sulle caratteristiche del microclima di progetto, ovvero:

- Ambiente naturale.
- Tessuto urbano.
- Orientamento dell'edificio in funzione della posizione del sole e della direzione prevalente dei venti.
- Caratteristiche dell'involucro edilizio.

La corretta progettazione dell'Involucro edilizio consente di sfruttare la differenza di pressione creata dalla ventilazione.

RAFFRESCAMENTO PASSIVO

A) VENTILAZIONE TRASVERSALE:

Il vento, quando colpisce l'edificio provoca una sovra-pressione sul lato sopravvento e una depressione su quello sottovento.

Per sfruttare questo effetto naturale, le finestre devono essere poste su fronti contrapposti, dotate di differente dimensione (la finestra sopravvento deve avere una dimensione inferiore) e altezza (Figure 27 e 28).

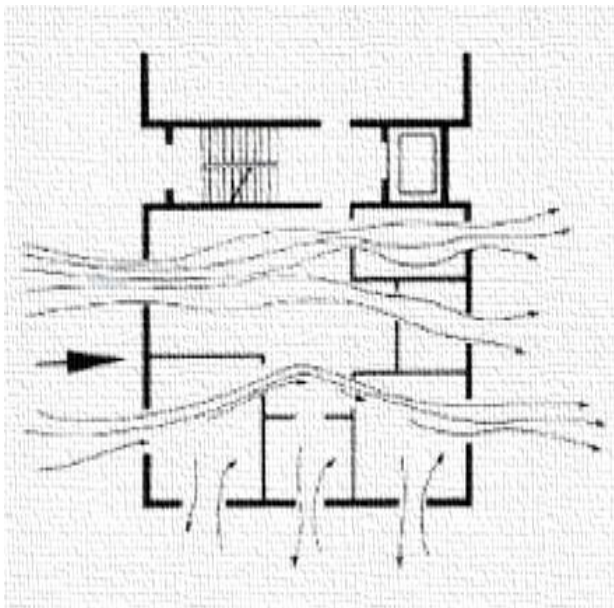


Fig. 27. Schema di ventilazione efficace.

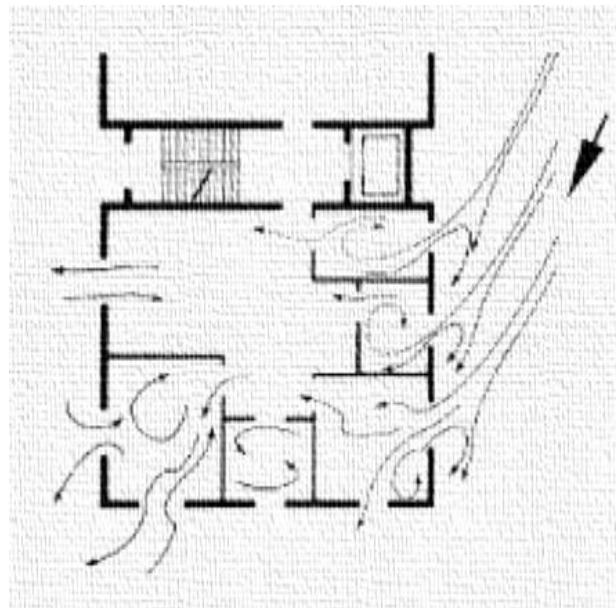


Fig. 28. Schema di ventilazione inefficace.



B) L'EFFETTO CAMINO:

Il camino, sicuramente il più antico generatore termico costruito dall'uomo, presta il proprio nome ad un fenomeno noto nell'architettura bioclimatica come effetto camino, connesso alla ventilazione naturale di un edificio.

Alcune parti degli edifici (il vano scala, il patio centrale chiuso in copertura, ecc.) si prestano infatti ad essere progettati e realizzati in modo tale da assimilare il proprio comportamento a grandi camini, al cui interno l'aria circola in funzione delle differenze di pressione (Figura 29).

Tali differenze innescano moti convettivi di aria, che si sposta da una parte all'altra dell'edificio, fondamentali per il ricambio d'aria degli ambienti ed il benessere termo-igrometrico degli occupanti.

Qualsiasi gas, se riscaldato, si dilata proporzionalmente all'aumento della sua temperatura assoluta. L'espansione produce una diminuzione del peso specifico del gas che tende perciò a salire verso l'alto. Anche l'aria è soggetta a tale fenomeno che può

essere sfruttato per ventilare in maniera naturale un'abitazione e mantenerla a temperature ottimali sia in inverno che in estate.

Quando gli interstizi e le aperture nell'edificio sono presenti ad altezze differenti, questo fenomeno si traduce in un tiraggio d'aria dal basso verso l'alto, denominato "effetto camino".

Nel caso di edifici di grande altezza, l'effetto camino è ulteriormente aumentato a causa della diminuzione non trascurabile della pressione statica dell'atmosfera con l'altitudine.

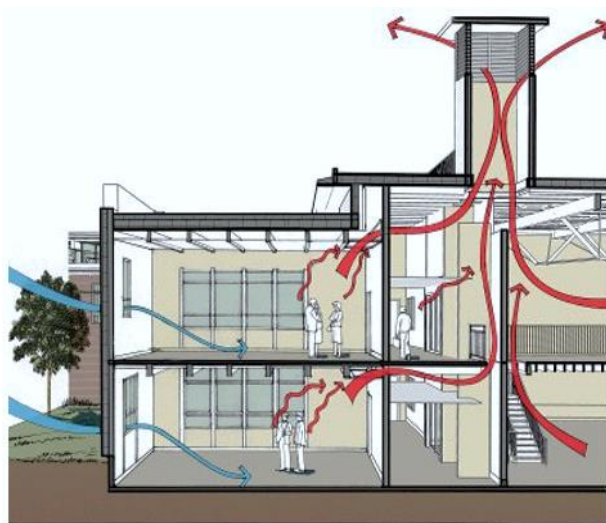


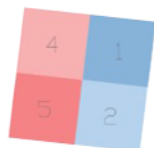
Fig. 29. Schema della ventilazione naturale tipo camino, si può vedere che la parte sopraelevata assimila il comportamento di un grande camino.



1.4. Matrice microclimatica di sito

“L’analisi combinata della dinamica delle ombre e delle scie di vento, in un sito [...] consentono di elaborare la matrice microclimatica di sito, utile per valutare la vocazione d’uso degli spazi esterni, in funzione del benessere termico degli utenti, in condizioni di surriscaldamento [...]. Tale matrice è formata dalla sovrapposizione, nel lotto da edificare, delle proiezioni d’ombra e delle scie, determinando quattro combinazioni possibili del rapporto tra sito, soleggiamento e vento” (4).

- 1) Area soleggiata e ventilata.
- 2) Area soleggiata e in scia di vento.
- 3) Area ventilata e ombreggiata.
- 4) Area in scia di vento e ombreggiata



Valori delle combinazioni in inverno.

“Tali sovrapposizioni devono essere puntuali – sia nel senso dello spazio, sia nel tempo – per cui le matrici sono riferite all’ombreggiamento orario e ad una direzione prevalente del vento” (5).

Esempio di una matrice microclimatica su un lotto da edificare, considerando gli edifici circostanti.

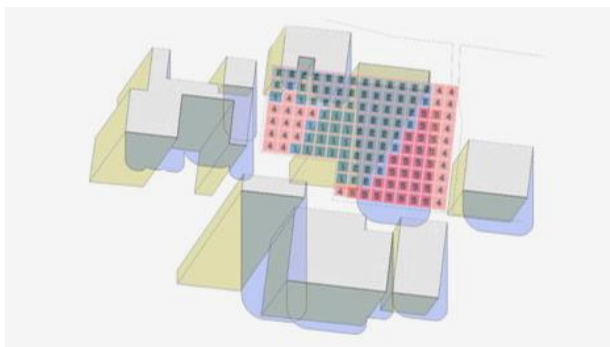


Fig. 30. Progettazione della matrice (inverno – ore 10).

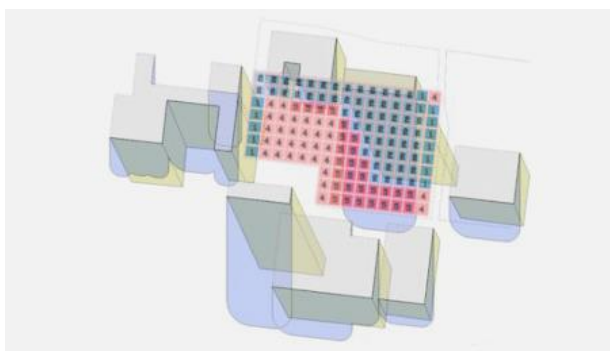


Fig. 31. Progettazione della matrice (inverno – ore 16).



Fig. 32. Risultato della matrice (verde – zona ottima).

“Si può tracciare una matrice per ogni ora d’ogni giorno tipo dei vari mesi dell’anno; tuttavia, ai fini progettuali, è più che sufficiente scegliere un giorno di riferimento per l’intera stagione di raffrescamento: generalmente, il giorno più caldo dell’anno (21 dicembre) (emisfero sud). Di tale giorno, per quanto riguarda il soleggiamento, si possono scegliere le seguenti ore (solari, riferite al meridiano di riferimento): 8, rappresentativa dell’arco della mattinata; 12, del culmine solare; 16, rappresentativa

delle condizioni pomeridiane. La direzione prevalente del vento sarà invece unica (quella stagionale) per l’intera giornata di riferimento, considerata la stocasticità del fenomeno.

Dall’elaborazione della matrice microclimatica di sito si può dedurre una valutazione della vocazione delle diverse aree del sito, rispetto ai parametri di benessere, secondo la scala di priorità rappresentata, per quanto riguarda le esigenze di raffrescamento, in tabella (Figura 33)” (6).

ATTIVITA'	CONDIZIONI D'UMIDITA' NEL PERIODO ESTIVO	CONDIZIONI DI BENESSERE			
		Livello 1 OTTIMALI	Livello 2 (BUONE O NON SFAVOREVOLI)	Livello 3 SFAVOREVOLI	Livello 4 MOLTO SFAVOREVOLI
Stare seduti	Media	Ombra - scia	Ombra - vento	Sole - vento	Sole - scia
Passeggiare	Elevata	Ombra - vento	Sole - vento	Ombra - scia	Sole - scia
Camminare veloci	Media	Ombra - vento	Ombra - scia	Sole - vento	Sole - scia
Correre piano	Elevata	Ombra - vento	Sole - vento	Ombra - scia	Sole - scia
Correre veloci	Media	Ombra - vento	Ombra - scia	Sole - vento	Sole - scia
Fare ginnastica	Elevata	Ombra - vento	Sole - vento	Ombra - scia	Sole - scia

Fig. 33. Tabella di attribuzione di priorità vocazionali a subaree di un sito, in relazione alla matrice microclimatica di sito, per quanto riguarda le esigenze di raffrescamento.



2. MACROANALISI



2. MACROANALISI

2.1. Perù, aspetti da considerare

Il Perù è un paese del Sud America, che confina a nord con Ecuador e Colombia, a est con Brasile e Bolivia, a sud con il Cile, e ad ovest con l'Oceano Pacifico. Ha come capitale la città di Lima.

Il suo territorio è costituito da diversi paesaggi: valli, altipiani, eccetera. Le alte vette delle Ande sono schierate ad ovest fino alla costa desertica e ad est fino all'Amazzonia.

Si tratta di uno dei paesi più ricchi del

mondo in quanto a biodiversità e risorse minerarie.

Il territorio peruviano è stato sede di antiche culture che vanno dalla civiltà Caral – Supe (3200 a.C.), una delle più antiche del mondo (Figura 35), all'Impero Inca, lo stato autoctono più grande dell'America precolombiana (Figura 34).

L'Impero spagnolo conquistò la regione nel XVI secolo e vi stabilì un Vicereame. Raggiunse l'indipendenza nel 1821.





Fig. 34. A destra, localizzazione del Perù nel continente Americano. A sinistra, la cittadella di Machu Picchu.

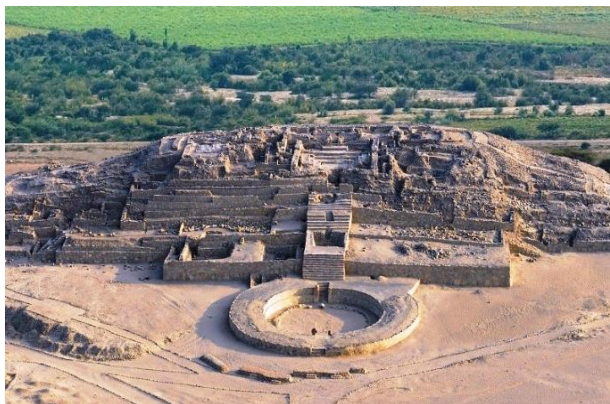


Fig. 35. Piramide e Piazza Circolare Affondata della cittadella di Caral. Caral è considerata la civiltà più antica delle Americhe (3200 a.C.).

2.1.1. Geografia e clima

Il Perù è un paese mega-diverso: ha 11 ecoregioni e 84 zone di vita. Ha una enorme molteplicità di paesaggi, grazie alle sue condizioni geografiche che, a loro volta, consentono la presenza di una grande varietà di suoli, climi e risorse naturali.

Nel suo territorio si possono identificare tre grandi regioni: COSTA, SIERRA e SELVA (Figura 36).

La **COSTA**, o deserto costiero, è una stretta striscia situata tra la Catena Montuosa Occidentale e l'Oceano Pacifico. Comprende il mare territoriale, deserti sabbiosi e valli fertili.

Il clima della costa è temperato caldo, senza freddo o calore estremo ma con alto tasso di umidità: in estate la temperatura raggiunge i 30 gradi.

La **SIERRA**, o regione andina, occupa una vasta regione centrale all'interno del territorio peruviano. In questa zona si localizza la Catena delle Ande.

La sierra ha un clima secco e temperato, e le temperature variano secondo l'altitudine della città; nelle città più ad alta quota, le temperature variano dai 24 gradi ai -3 gradi in un solo giorno, mentre a bassa quota la variazione è minore.



La **SELVA**, o regione Amazzonica, è una vasta regione piana coperta dalla vegetazione, nel bacino del Rio delle Amazzoni. E' la più grande regione del Perù, occupando quasi il 60% della sua superficie.

La selva si divide in due zone: Selva Alta (sopra i 700 m s.l.m.) e Selva Baja (sotto i 700 m s.l.m.). Il clima è umido e tropicale, ed è caratterizzato da abbondanti piogge per tutto l'anno.



Figura 36. Schema esplicativo del territorio, popolazione, clima e risorse naturali di ogni Regione Geografica del Perù (Costa, Sierra e Selva).



I FATTORI CLIMATICI DEL PERU':

A) BASSA LATITUDINE

Il Perù è un paese tropicale a causa della sua vicinanza all'Equatore Geografico (bassa latitudine).

Questa caratteristica influisce principalmente sul clima caldo e umido dell'Amazzonia, e spiega anche il motivo per cui ci sono delle zone ad alta temperatura nella Regione Andina. La bassa latitudine influisce anche sul clima caldo della costa nord (Figura 37).

B) ALTITUDINE DELLA CORDIGLIERA DELLE ANDE

In Perù, si possono osservare una varietà di climi che cambiano con

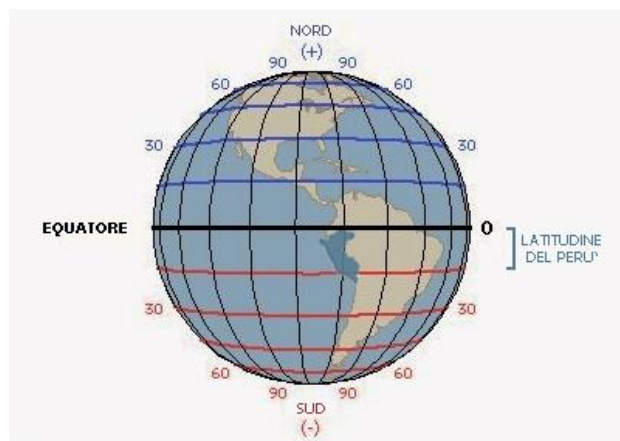


Fig. 37. Latitudine del Perù e vicinanza all'Equatore.

l'aumento dell'altitudine (Figura 38).

Quest'altitudine, prodotta dalla Cordigliera delle Ande, influisce principalmente sulla diversità climatica della Regione Andina, ed anche sull'aridità della costa, ostacolando il passaggio delle piogge che vengono da est (selva).

C) LE CORRENTI OCEANICHE

Nella zona nord, la corrente calda "El Niño" aumenta la temperatura del mare ed influisce sul clima caldo della costa nord.

Nelle zone centro e sud, la corrente fredda "Humboldt" aumenta la freddezza del mare ed influisce sul clima arido della costa centro e della costa sud.

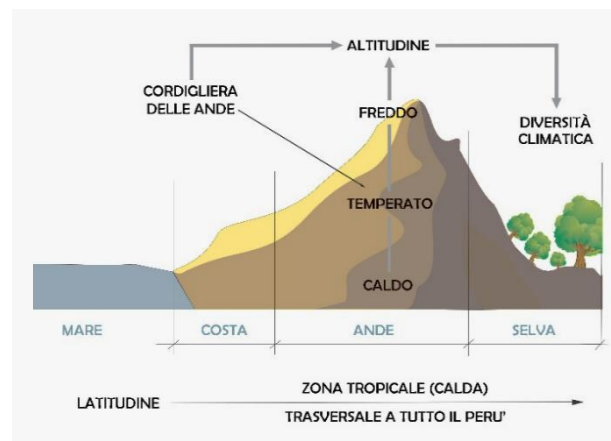


Fig. 38. Climi del Perù secondo l'altitudine.



2.1.2. Economia e boom edilizio

Negli ultimi anni, l'economia peruviana ha avuto un notevole livello di crescita rispetto ad altre economie del mondo, paragonabile solo a quello della Cina. Secondo il Fondo Monetario Internazionale, nel 2008 il paese ha avuto la seconda inflazione più bassa al mondo dopo la Francia diventando, pertanto, una delle più forti economie della regione.

La Commissione Economica per l'America Latina e i Caraibi ha stimato che nel 2017 l'economia peruviana dovrebbe crescere del 5,9%, anche se la sua forte dipendenza dall'esportazione di metalli e minerali, e dall'importazione di prodotti alimentari, rende l'economia molto dipendente dalla fluttuazione dei prezzi a livello globale.

BOOM DEL SETTORE DELLE COSTRUZIONI NEL PERU'

Dalla fine dell'ultimo decennio del XX secolo, il Perù vive una crescita continua nel settore delle costruzioni, trainata principalmente dall'aumento dei redditi delle famiglie, e dall'incremento degli investimenti

pubblici e privati, entrambi conseguenza diretta della crescita economica.

Attualmente, il settore delle costruzioni sta crescendo a tassi superiori al 17%, e negli ultimi anni sono state costruite, ampliate o migliorate decine di migliaia di case nel paese, prevalentemente nel settore della classe media, in evidente crescita (Figura 39).

L'incremento delle costruzioni private ha fatto sì che i Comuni aggiornassero i loro Piani Regolatori, cambiando l'uso e la destinazione di alcune zone della città, con l'obiettivo di favorire la costruzione di case ed edifici più alti, e di avere una maggior quantità di terreni vuoti pronti a diventare edificabili; ad esempio, alcune aree, prima classificate come zone di "Preservazione Ambientale", ora sono classificate come "Aree Residenziali" (Figura 40). Per questo motivo, uno degli obiettivi di questa tesi è creare un progetto che permetta di reintrodurre tutto il verde possibile, per cercare di compensare in qualche modo le aree verdi ridotte a causa del Boom Edilizio.





Fig. 39. Vista dall'alto del distretto di Miraflores a Lima, in fondo si può vedere l'alta densità di costruzioni, composta principalmente da edifici.



Fig. 40. Arequipa: in fondo si possono vedere i terreni vuoti pronti ad essere urbanizzati, prima considerati aree di preservazione.

2.1.3. Cultura Inca e importanza della sua preservazione

L'impero Inca è stato il più vasto impero precolombiano del continente americano. La sua esistenza va dal XIII secolo fino al XVI secolo e la sua capitale fu Cuzco, nell'attuale Perù.

Il suo territorio si chiamava "Tahuantinsuyo" e comprendeva gli attuali territori corrispondenti al sud-ovest della Colombia, l'ovest della Bolivia, il nord del Cile, il nord-ovest e l'ovest dell'Argentina, l'Ecuador e soprattutto il Perù.

Oltre alla sua forza militare, eccelleva in architettura, con magnifiche strutture come la cittadella di Machu

Picchu, tra le altre.

L'architettura e l'urbanistica Inca si distinguevano per una serie di elementi e principi piuttosto peculiari, che attualmente possono essere apprezzati nei resti archeologici (Figura 41).

Dal mio punto di vista, come architetto, è importante recuperare questi elementi e principi, per due ragioni:

- * Perché gli Incas, pur essendo una cultura antichissima, progettavano pensando alla preservazione dell'ambiente ed alla eco-efficienza.
- * Perché fanno parte della storia e della eredità culturale del Paese, e devono essere rivalutati.





Fig. 41. Machu Picchu, considerata attualmente la costruzione più rappresentativa dell'Imperio Inca. Nella fotografia si possono osservare vari elementi e principi Inca, che sono stati applicati nella progettazione del Complesso Residenziale Ecosostenibile ad Arequipa.



2.2. Architettura e urbanistica Inca

Si chiama “**Architettura Inca**” lo **stile architettonico** che è stato in vigore durante l'impero Inca, in particolare, dal governo di Pachacutec Inca Yupanqui fino alla conquista spagnola (1438-1533).

Anche l'**Urbanistica** fu molto importante per la civiltà Inca: era legata alla **concezione sacra dello spazio** ed aveva modelli concettuali chiari.

Architettura e urbanistica si caratterizzavano per la **semplicità delle forme**, per la **solidità**, e per la ricerca dell'**armonia tra le costruzioni e il paesaggio** (Figura 42).



Fig. 42. Sito archeologico di Patallacta, si può vedere come l'architettura Inca si adatta al paesaggio.



2.2.1. Urbanistica Inca

L'urbanistica sviluppata dagli Incas ha come ruolo principale quello di **modellare lo spazio**.

Essi utilizzarono l'urbanistica come mezzo per esprimere lo sviluppo tecnologico raggiunto, e diedero priorità al marcato adattamento al posto e all'uso della piazza come elemento di ordine.

FATTORI DEL DISEGNO URBANO:

A) CREDENZE MAGICHE -
RELIGIOSE

A.1. RISPETTO PER LA «PACHAMAMA»



Fig. 43. Vista della cittadina di «Ollantaytambo», dove le costruzioni si adattano al posto.

“**Pachamama**”, in quechua, significa **Madre terra**, ed è la dea della terra, dell'agricoltura e della fertilità nella civiltà Inca.

La Pachamama è la dispensatrice del cibo e del benessere popolare.

Nell'urbanistica questo fattore si manifesta nella **progettazione in comunione con la natura**.

Per gli Incas, la natura è un fattore determinante e deve essere rispettata: per questa ragione, sono le **costruzioni che vanno adattate al luogo**, e non viceversa (Figure 43 e 44).



Fig. 44. Planimetria di Ollantaytambo, cittadina progettata in comunione con la natura.



***ANDENES O TERRAZZE INCA: elemento principale di adattamento al paesaggio.**

Le **terrazze Inca**, conosciute come **ANDENES**, sono una delle opere di infrastruttura e di adattamento al paesaggio più grandi ed importanti dell'America Precolombiana.

Sebbene non fossero state create dagli Incas, furono loro a sviluppare questa tecnica fino alla sua massima espressione, e la utilizzarono per sottolineare il carattere rituale del loro rapporto con il paesaggio.

Nell'epoca Inca, le terrazze agricole furono la principale forma di architettura del paesaggio (Figura 45).

Le ANDENES sono costituite da **piattaforme orizzontali che salgono sui versanti, adattandosi alla topografia**; le piattaforme con terreni coltivabili sono formate da un muro di contenimento di pietra, che assorbiva il calore durante il giorno e lo irradiava alla sera (Figura 46).

Erano usate per lo studio e la sperimentazione agraria, giacché in ogni terrazza si producevano diversi microclimi. I centri di sperimentazione più conosciuti furono Tipón e Moray (7).



Fig. 45. Gruppo archeologico di "Wiñaywayna".

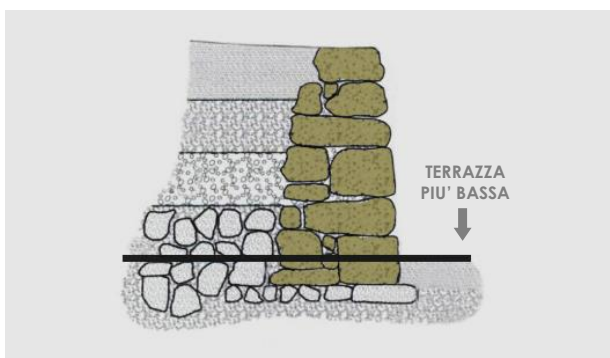


Fig. 46. Sezione tipica delle ANDENES.

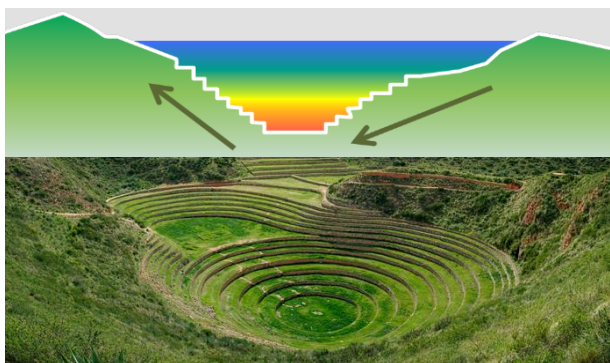


Fig. 47. Sito archeologico di Moray.

A.2. RISPETTO PER LA «MAMACOCHA»

“**Mamacocha**” significa in quechua **Madre delle acque**, e nella mitologia Inca era la dea del mare e della pesca; veniva spesso identificata con la stessa acqua piovana che scendeva per fertilizzare la terra.

La Mamacocha è la fornitrice di vita e dell’animazione dell’universo.

Nell’urbanistica: Questo fattore si manifesta nel **trattamento delle fonti, canali, ecc.**, che fanno parte della struttura urbana degli insediamenti.

* OPERE IDRAULICHE INCA

Gli ingegneri Incas hanno progettato e costruito spettacolari opere idrauliche, compresi **canali, fontane, sistemi di drenaggio e di irrigazione espansiva**, adatte al loro accidentato territorio.

Per irrigare le loro colture, hanno dovuto cambiare il percorso dei fiumi con l’obiettivo di fornire canali per le terrazze (Figura 48).

Di solito i canali sono stati fatti in pietra scolpita, molti ancora esistono e sono rimasti in uso fino ad oggi (Figura 49).

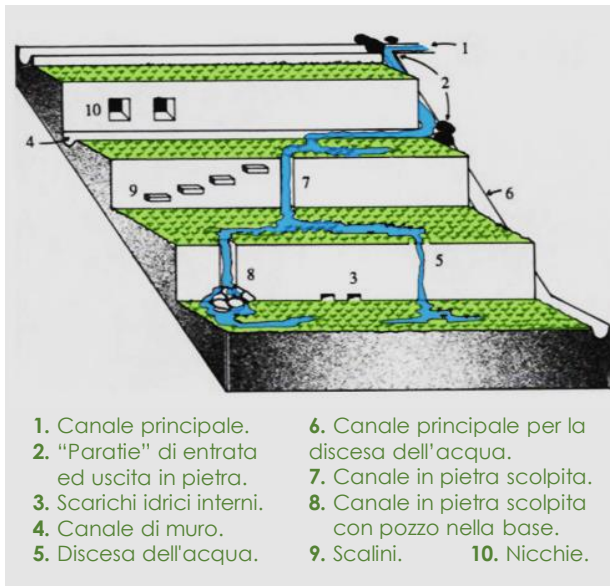


Fig. 48. Schema di irrigazione delle terrazze.



Fig. 49. Fontana a 4 versanti, parte del sistema di irrigazione delle terrazze di Tipón.



* I GIARDINI D'ACQUA A TIPON :

Tipón fu un centro di culto delle acque ed è composto da un gruppo di fontane che distribuiscono l'acqua in modo omogeneo. Partendo da una fontana cerimoniale, l'acqua scorre attraverso un canale per dividersi, prima in due, e dopo in quattro versanti (Figura 51).

Gli Ingegneri Inca **utilizzarono diverse pendenze, larghezze e profondità nei canali per controllare la velocità dell'acqua e distribuire la loro discesa.** Utilizzarono anche l'inclinazione delle mura per ridurre l'erosione sulla pietra (Figura 50).

L'acqua scorre attraverso i canali molto lentamente, ma scende ad alta velocità dalle cascate, tutto questo grazie al controllo delle pendenze (Figura 52).



Fig. 50. Canali per la discesa dell'acqua, disegnati in armonia con le terrazze.



Fig. 51. Giardini d'acqua a Tipón, un esempio delle spettacolari opere idrauliche fatte dagli Incas.





Fig. 52. Velocità e forza della discesa dell'acqua



Fig. 53. Canali e fontane in pietra scolpita.



Fig. 54. Vista dall'alto di uno dei canali a Tipón.



Fig. 55. Canale di discesa e fontana a 2 versanti

La **gestione dell'acqua a Tipón** non era solo efficace ed efficiente, ma aveva anche permesso di **sviluppare altri aspetti come l'acustica prodotta dallo scorrimento dell'acqua**. Le diverse pendenze, altezze e persino la disposizione delle pietre scolpite dei canali di discesa, generavano diversi suoni, che nel loro insieme creavano un'armonia.



A.3. ANIMISMO

L'**animismo** si basa sul concetto che **tutto nella natura ha uno spirito**, ed è per questo che gli Incas diedero importanza alla non interferenza con il mondo naturale.

Nell'urbanistica: questo fattore si manifesta **nell'integrazione degli elementi naturali** come ad esempio rocce, grotte, forme speciali, ecc., **con il tracciato urbano** (Figure 56 e 57).

Esempi: Nel sito archeologico di Pisac, si osserva come le costruzioni rispettano e si adattano a una gran pietra trovata nel posto; succede lo stesso nel Torrione di Machu Picchu.

A.4. LA NECESSITA' DI RELAZIONARSI CON IL SOLE

Il **sole, o Inti**, era considerato la **divinità più importante** nella mitologia Inca, ed era fonte di ogni ricchezza, re delle piante e dell'universo.

Nell'urbanistica: Dato che l'Impero Inca si localizzò nell'emisfero sud, le **costruzioni furono orientate a nord e ad est**, con lo scopo di avere più soleggiamento e, conseguentemente, più relazione con il sole.

Esempio: Cittadina di Intipata, che significa "dove si posa il sole" (Fig. 58).



Fig. 56. In rosso: gran pietra trovata a Pisac.



Fig. 57. In rosso: pietra trovata a Machu Picchu.



Fig. 58. Costruzione orientata a nord per avere una maggior quantità di ore di sole ad Intipata.



B) PRINCIPI DI AUTORITA' E ORDINE

Gli Incas utilizzarono principi di design, come **la gerarchia, l'ordine, la ripetizione e la subordinazione.**

Sia nella progettazione urbana, sia nell'architettura, eccelle l'utilizzo del **tracciato non geometrico**, che mette **enfasi sull'uso della diagonale e del trapezio** come elementi configuratori degli spazi (Figure 59 e 60).

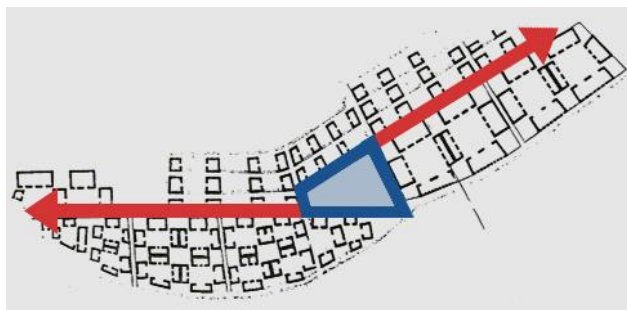


Fig. 59. Principi di progettazione a Patallacta.

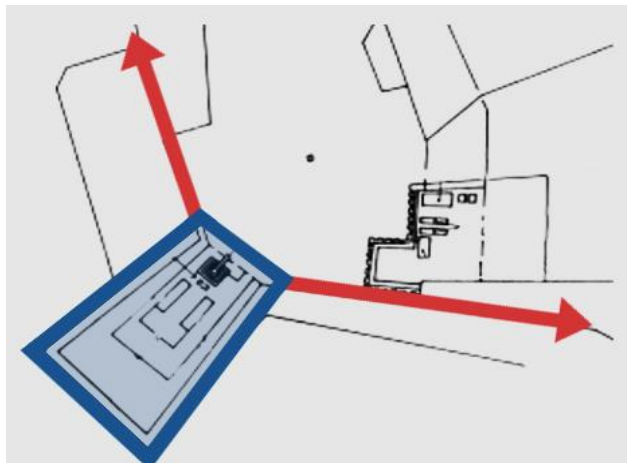


Fig. 60. Principi di progettazione a Vilcashuamán

C) PRAGMATISMO ECONOMICO

Utilizzo massimo del suolo, anche in zone topograficamente difficili (creazione di terrazze); costruzione di strade strette e di piazze con funzioni definite.

D) POSIZIONE INCLUSIVA

*Integrazione di paesaggio e design

(Ad esempio: Uso di aree verdi come elementi di separazione ed isolamento delle aree esterne alla città; uso di porte e finestre come elementi per inquadrare il paesaggio).

*Congiunzione dell'urbanistica e la geografia

(Ad esempio: le Andenes e le costruzioni si mimetizzavano nel paesaggio, creando una continuità di dislivelli) (Figura 61).

*Unione di estetica ed ingegneria

(Ad esempio: uso di fontane per decorare ed irrigare le terre).



Fig. 61. Mimetizzazione di andenes e costruzioni.





INTEGRAZIONE: Gli Incas crearono **spazi belli e funzionali**, ma che **potevano anche generare delle emozioni**.

Ad esempio: Il percorso di una strada doveva finire in uno spazio aperto o in un punto di riferimento, in modo di tagliare la continuità della strada e generare una sensazione di sorpresa davanti al nuovo spazio inaspettato.

*Giù si può vedere una serie di fotografie di un percorso nel **Complesso Kalla Q'asa**.



2.2.2. Architettura Inca

L'architettura Inca, è la più importante tra le architetture precolombiane del Sud America.

Gli Incas, saggi costruttori, scolpirono in pietra ed in terra cruda le loro più grandi opere d'arte, costruendo creazioni piene di vita e di profondo rispetto per l'ambiente che li circondava (Figura 62).

La cittadella di Machu Picchu è un grande esempio dell'architettura Inca. Altri siti importanti sono Sacsayhuamán e Ollantaytambo.



Fig. 62. Adattamento dell'architettura alle terrazze (andenes) a Machu Picchu.

PRINCIPI DELLA COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA:

A) UNITÀ SPAZIALE:

L'unità spaziale era caratterizzata dalla massima **assenza** possibile di **divisioni interne ed intersezioni** (Fig. 63).

Questo principio è originato da una causa magico - religiosa, e obbedisce al concetto di unità.

In questa tesi si preserva e si inserisce il concetto di unità spaziale nel cuore della casa (soggiorno, sala da pranzo, scale), creando un solo spazio senza divisioni interne.



Fig. 63. Assenza di divisioni interne nell'architettura Inca.



B) VALUTAZIONE DEI PARAMETRI

Per gli Incas, l'**estetica doveva essere intimamente legata alla parte tecnica**. Essi cercarono vari modi di **simboleggiare la gerarchia**: uno di questi fu **dare una migliore finitura** alle costruzioni destinate alle autorità (Figura 64).

Cercarono anche di conferire **un'impressione di solidità** alle costruzioni, **utilizzando la sezione trapezoidale**.

* SEZIONE TRAPEZOIDALE:

L'**uso della sezione trapezoidale** ebbe diverse ragioni, una delle quali fu la credenza **degli Incas che questa forma contribuisse a conferire un senso di solidità** alla loro architettura (Figura 65).

Un'altra ragione fu più tecnica, giacché la forma trapezoidale delle mura (larghe alla base e sottili in alto), si produceva **perché le pietre posavano direttamente sul terreno, data l'assenza di fondamenta**.

Questa forma si poteva trovare sia in urbanistica, sia in architettura, poiché per gli Incas tutto doveva essere correlato. La sezione trapezoidale fa parte del design di porte, finestre, mura, piazze, ecc.



Fig. 64. Comparazione tra una finitura semplice ed un'altra molto più elaborata.



Fig. 65. Uso della forma trapezoidale nelle mura di una casa a Machu Picchu.





Fig. 66. Finestre e nicchie trapezoidali nel Complesso Archeologico di Huaytara.

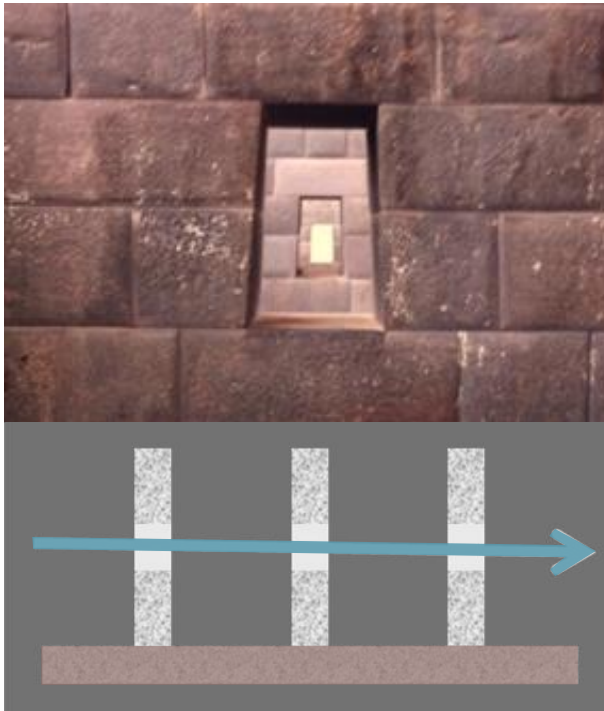


Fig. 67. Allineamento di finestre trapezoidali, per poter osservare il più lontano possibile.

C) DECORAZIONE CONCENTRATA NELLE APERTURE

L'architettura Inca si caratterizza per essere sobria e semplice. Gli Incas credevano che **l'estetica dovesse essere legata alla purezza ed al razionalismo** (Figura 66).

In questo tipo di architettura, **le aperture divennero gli elementi più elaborati.**

* TIPI DI APERTURE:

- Porte d'accesso
- Finestre
- Nicchie

* FORME DELLE APERTURE:

- Uso della sezione trapezoidale.
- Uso del doppio stipite.
- Perfezione nell'unione delle pietre.

Gli Incas utilizzarono le **aperture per poter connettere recinti e spazi**, nonché per creare un **collegamento tra interno ed esterno**, e anche per consentire di **vedere il più lontano possibile**, motivo per cui in tante costruzioni si possono vedere molte finestre e porte allineate (Figura 67).

Infine, si può aggiungere che le aperture servivano anche come elementi per inquadrare il paesaggio esterno.





Fig. 68. Finestra trapezoidale che serve come elemento per inquadrare il paesaggio esterno, nella cittadella Inca di Machu Picchu.



D) FUSIONE DELL'ARCHITETTURA CON IL PAESAGGIO

Gli Incas applicarono il **principio della fusione** sia su grande, sia su piccola scala:

1. **A livello di complesso**, in relazione alle **visuali del contesto**.
2. **A livello puntuale**, a partire dalla **continuità del contesto naturale con il contesto superficiale**.

Un chiaro esempio dell'uso di questo concetto è la continuità che si genera nello skyline delle città Inca, al momento di **adattare le costruzioni alle terrazze o andenes**, creando un rapporto armonico tra architettura e contesto (Figure 61 e 62).



Fig. 69. Uso della terra cruda negli edifici Incas, a Tambo Colorado – Pisco.

TECNOLOGIA COSTRUTTIVA

L'impero Inca comprese un territorio piuttosto vasto, con una geografia varia e con vari tipi di clima, motivo per cui vennero utilizzati **diversi materiali per le costruzioni, prevalentemente autoctoni**.

Eccelsero nell'**elaborata scultura su pietra**, riuscendo a conferire finiture eccezionali, così come nello **sviluppo delle diverse tecniche costruttive della terra cruda** (Figure 69 e 70).

In quanto alla muratura, gli Incas utilizzarono:

- * Il muro di pietra
- * Il muro di terra cruda: con la tecnica costruttiva in Pisé, e con la tecnica costruttiva in Adobe.



Fig. 70. Costruzioni in terra cruda con aperture trapezoidali a Tambo Colorado.



ELEMENTO: LA CHAKANA

La **Chakana**, o **croce andina**, è un **simbolo millenario**, che **rappresenta la costellazione della croce del Sud**.

La sua **parte superiore** simboleggia i **tre mondi andini**:

- * **Hanan Pacha (1)**: Il mondo di sopra (divinità del sole, la luna e le stelle), ha come simbolo il **condor (12)**.
- * **Kay Pacha (2)**: Questo mondo (vita), raffigurato dal **puma (11)**.
- * **Urin Pacha (3)**: Il mondo di sotto (morte), raffigurato dal **serpente (10)**.



Fig. 71. Grafico di spiegazione del significato di ogni lato della Chakana o Croce Andina.

La **parte inferiore sinistra** rappresenta i **tre valori umani**:

- * **Allinta Llankay (4)**: Lavorare molto bene.
- * **Allinta Yachay (5)**: Imparare da tutto.
- * **Allinta Munay (6)**: Rispettare e voler bene a tutti.

La **parte inferiore destra** rappresenta i **tre sistemi di lavoro**:

- * **"Ayni" (9)**: Dare per ricevere.
- * **"Minka" (8)**: Operare fra tanti per il bene comune.
- * **"Mita" (7)**: Dare la conoscenza alla comunità.

La **croce ha quattro bracci che rappresentano i quattro punti cardinali**.



Fig. 72. Uso della forma della Chakana nelle fontane Inca.



2.2.3. Esempio di applicazione nell'attualità

CASA PACHACAMAC «LONGHI ARCHITECTS»

Questa casa si trova a soli **40 chilometri a sud di Lima**, in una zona rurale **molto vicina ai resti archeologici Incas**.

*** CONCEPT:**

La risposta di intervento nel posto è stata quella di «seppellire» la casa nella collina, cercando di **creare un dialogo equilibrato tra architettura e paesaggio**; la casa diventa paesaggio senza alterare l'immagine di quest'ultimo (Figura 75).

Nel design si può anche vedere l'utilizzo di aperture a forma di trapezio, e l'uso della diagonale, elementi presi dall'architettura Inca (Figure 73 e 74).



Fig. 73. Uso di aperture trapezoidali.



Fig. 74. Uso della diagonale nelle mura.



Fig. 75. Casa Pachacamac creata dallo studio «Longhi Architects», nella fotografia si può vedere come la casa si adatta armonicamente al terreno.





Fig. 76. Adattamento della casa al terreno.



Fig. 77. Uso delle terrazze o andenes Incas.



Fig. 78. Uso della diagonale e della pietra.



Fig. 79. Casa Pachacamac illuminata di notte.

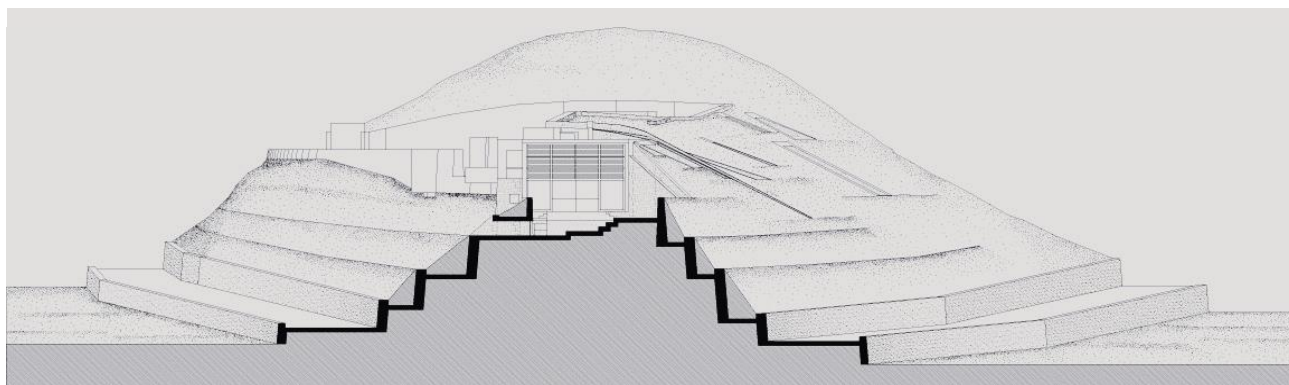


Fig. 80. Sezione trasversale della Casa Pachacamac, nella figura si può osservare l'uso delle terrazze o Andenes Incas per un maggiore adattamento al terreno.





Fig. 81. Tipica porta trapezoidale utilizzata nell'architettura Inca, localizzata nella cittadina di «Ollantaytambo».



3. MICROANALISI



3. MICROANALISI

3.1. Arequipa, città oasi

Arequipa è una città del sud del Perù, situata sulle rive del fiume “Chili”, **capoluogo della provincia e della regione omonima** con 61.519 abitanti. È la **seconda città più importante del Paese**, dopo la capitale Lima, ed è **conosciuta come “La ciudad blanca” (“La città bianca”)**, per il colore della pietra con la quale sono stati costruiti tutti gli edifici principali del suo centro storico che, nel 2000, è stato dichiarato Patrimonio dell’Umanità dall’UNESCO.

Fu fondata nel 1540 da Garcí Manuel de Carbajal.

La città sorge ai piedi del vulcano “El Misti” (5.822 m s.l.m.), la cui ultima eruzione risale al 1784.

Arequipa **costituisce un importante centro industriale, commerciale e turistico del Perù**. Tra le sue attività industriali, eccellono i prodotti manifatturieri e la produzione tessile di lana di camelidi, protagonisti dell’esportazione.

Un’altra industria principale in questa città è quella mineraria: Arequipa è il secondo ed il terzo più grande produttore di rame ed oro a livello nazionale.



3.1.1. Localizzazione e coordinate geografiche

La città di Arequipa si situa nella regione centro occidentale del Sud America, **a $16^{\circ}24'17''$ latitudine sud e $71^{\circ}32'09''$ longitudine ovest** (Figura 82).

Si trova dentro dell'area di influenza della "Cintura di Fuoco del Pacifico", che si estende lungo le coste asiatiche e la parte sud-occidentale del Sud America, ed è soggetta a fenomeni causati dalla Placca di Nazca e dalla Placca Sudamericana. È questa la causa principale dell'attività vulcanica e sismica nella città.

Nel territorio peruviano, Arequipa si localizza nella parte sud ovest del paese, a 772 km di distanza della città di Lima (Figure 83 e 84).



Fig. 83. Provincia di Arequipa al sud del Perù.



Fig. 82. Coordinate geografiche (latitudine e longitudine) della città di Arequipa.



Fig. 84. Localizzazione della città di Arequipa, dentro la Provincia di Arequipa.



3.1.2. Topografia e paesaggio naturale

La città di Arequipa si localizza ad un'altitudine di 2328 m s.l.m.. La parte più bassa si trova ad un'altitudine di 2041 m s.l.m. nel distretto di Uchumayo (dipinto in blu sulla carta topografica), e la parte più alta si situa sopra i 2810 m s.l.m. nel distretto di Cayma (zona dipinta in rosso) (Figura 85).

Arequipa si colloca su un piano inclinato di pendenza media di 1,5%, ed è attraversata dal fiume "Chili" da nord a sud-ovest, e da numerosi altri alvei di torrente. Nelle vicinanze del bacino del fiume, si osserva un forte aumento di dislivello, che raggiunge una pendenza di circa 30°.



Fig. 85. Carta topografica di Arequipa, la leggenda a sinistra mostra che colore corrisponde ad ogni altezza.





Fig. 86. Valle di Arequipa, attraversata dal fiume Chili e circondata dalle zone montagnose che la proteggono.

Il fiume “Chili” attraversa la parte centrale della città, formando una valle chiamata “Valle di Arequipa” o **“Valle del Chili”**, **protetta a nord e ad est dalla Cordigliera delle Ande, e a sud ed ovest dalle catene di colline basse** (Figura 86).

Questa valle, aperta alla costa ed alla sierra, conforma, nella sua qualità di

oasi tra il deserto sabbioso e la puna montagnosa, una opzione intermedia e ragionevole per quanto riguarda l'articolazione dei sistemi di comunicazione e lo sviluppo.

Per questa ragione, si può dire che la localizzazione della città di Arequipa permette di articolare strategicamente le regioni della costa e la sierra.





Fig. 87. Vulcano Misti, l'unico vulcano attivo.



Fig. 88. Vulcano Chachani, il più alto della città.



Fig. 89. In fondo si osservano i tre coni vulcanici: "Chachani", "Misti" e "Pichu-Pichu", elementi importanti del paesaggio naturale della città di Arequipa.

Dalla città si osservano una serie di coni vulcanici chiamati "Misti", "Chachani" e "Pichu - Pichu" (Figura 89).

Il "Chachani" spicca per 6075 m sul livello del mare, si localizza a 55 Km della città, ed è considerato un vulcano inattivo (Figura 88).

Il "Pichu - Pichu" spicca per 5664 m sul livello del mare, si localizza a 32 Km della città, ed è, anch'esso, un vulcano inattivo.

Il "Misti" è uno strato - vulcano che si innalza a 5822 m s.l.m. ed è considerato un vulcano attivo: la sua ultima eruzione è stata nel 1784 (Fig. 87).

Il territorio della città è ruvido a causa della presenza della Cordigliera delle Ande, e si caratterizza da spessi strati di lava vulcanica che coprono vaste aree della sua geografia.



* LA CAMPAGNA:

La campagna è una parte importante del paesaggio di Arequipa e **conta attualmente con 9326 ettari di superficie agricola** (Figura 90).

Sono circa 9 i distretti che contengono aree di campagna nella loro giurisdizione; queste aree sono considerate, in molti casi, zone di riserva naturale, ecologica e paesaggistica da determinati settori che favoriscono l'ambiente in cui si sviluppa l'edilizia, non solo per quanto riguarda il valore paesaggistico, ma anche per i servizi offerti dall'ambiente.

Il territorio rurale è formato dalle zone che circondano il territorio urbano, principalmente a ovest ed a sud est.

* LE "ANDENES" :

Le "andenes" si possono trovare nei distretti di Paucarpata, Sabandía, Characato, Yanahuara, Cayma e Mollebaya, e **rappresentano un simbolo del grande anfiteatro naturale della Valle di Arequipa** (Figura 91).

In passato, la configurazione geografica della città, composta da colline a est e nei versanti a sud e sud-est, è stata trasformata e abilmente sfruttata per lo sviluppo delle attività agricole.



Fig. 90. Nella mappa si possono osservare, in grigio scuro, le aree di campagna di Arequipa.

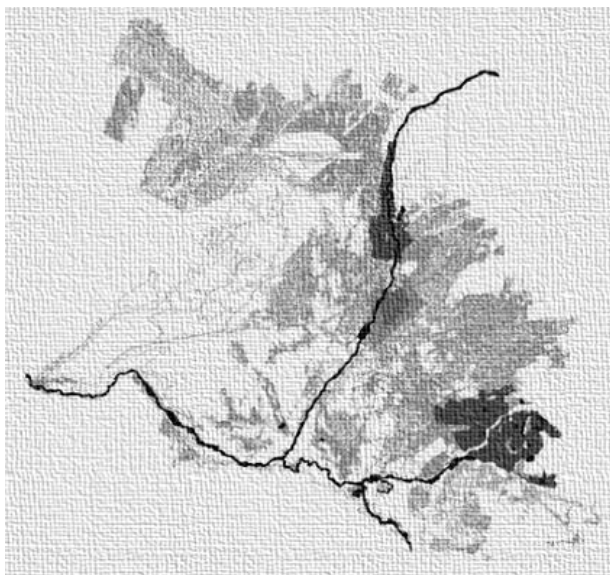


Fig. 91. Nella mappa si possono osservare, in grigio scuro, le zone dove si trovano le "andenes".



* L'INVOLUZIONE DELLA CAMPAGNA:

A) EPOCA INCA

Il ruolo che gli **insediamenti urbani** rivestivano all'interno delle città dell'Impero Inca, **non comportava una minaccia per lo spazio agricolo**, dato che gli Incas avevano un grande rispetto per l'ambiente naturale.

B) EPOCA COLONIALE

Con la conquista spagnola, i **criteri per lo sviluppo urbano in armonia con gli spazi naturali non vengono più presi in considerazione**.

Tuttavia, la densità di popolazione e la forte base economica primaria della città diventano fattori che proteggono la campagna.

C) EPOCA REPUBBLICANA

Da questa fase, **viene sperimentata l'espansione urbana sulla campagna, principalmente per l'aumento dei flussi migratori**.

È così che comincia la progressiva diminuzione delle aree agricole, a partire dall'urbanizzazione delle aree che si situano lungo le strade che collegano la città ai villaggi tradizionali.

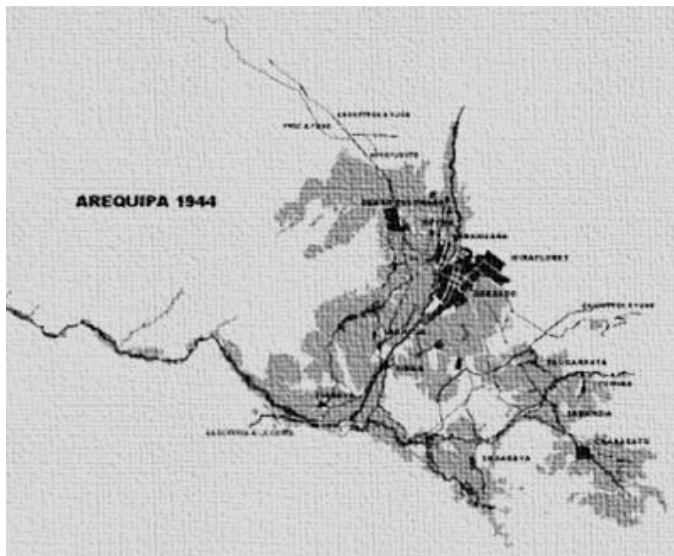


Fig. 92. Mappa campagna (grigio scuro) - area costruita (grigio chiaro), della città di Arequipa nel anno 1944.

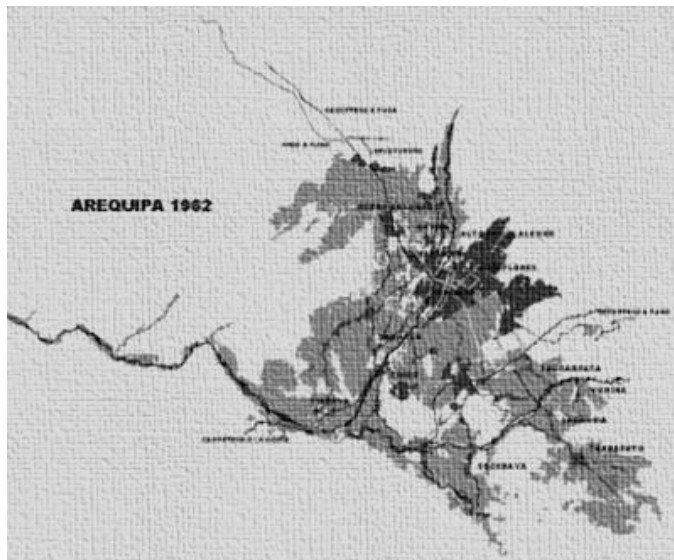


Fig. 93. Mappa campagna (grigio scuro) - area costruita (grigio chiaro), della città di Arequipa nel anno 1962.



C.1. NEL 1944

La **configurazione urbana**, **relativamente compatta**, era composta dai distretti di Miraflores, Cercado e Cayma (Figura 92).

C.2. NEL 1962

L'**aumento della pressione urbana**, a causa dei **terremoti** del 1958 e del 1960, condusse ad una **rapida urbanizzazione dei terreni agricoli**.

C.3. NEL 1978

La città mostra tutte le caratteristiche di una **crescita esplosiva**.

Con quasi 470.000 abitanti ed una densità di 104 abitanti per ettaro, la zona urbana occupava ampie aree agricole (Figura 94).

C.4. NELL'ATTUALITÀ

La città è **cresciuta considerevolmente in estensione**, presentando una diminuzione della densità media in termini assoluti (23 abitanti per ettaro), prodotta soprattutto dall'incorporazione di aree di espansione nelle zone nord e sud, e dalla **tendenza di urbanizzare indiscriminatamente, sia aree incolte che aree agricole**.

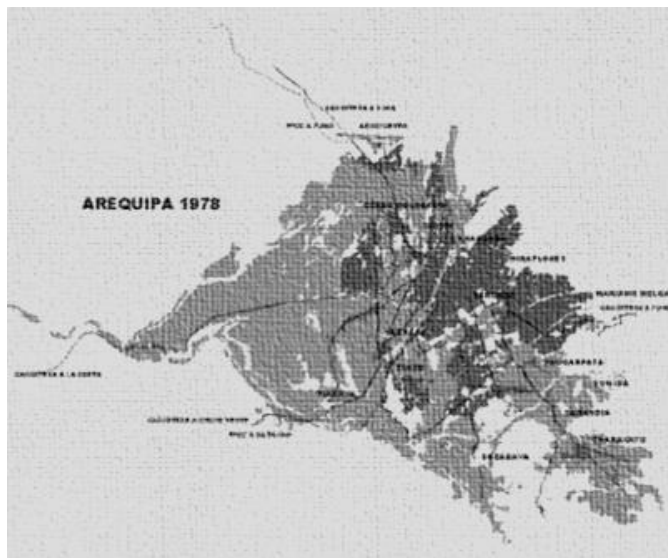


Fig. 94. Mappa campagna (grigio scuro) - area costruita (grigio chiaro), della città di Arequipa nel anno 1978.

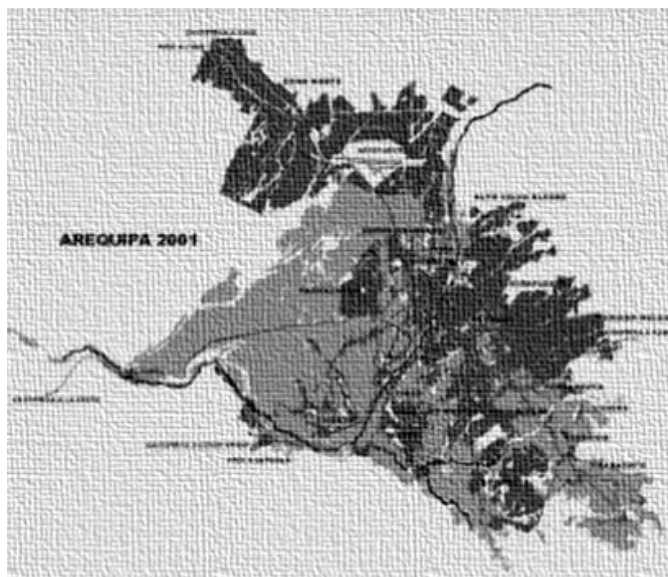


Fig. 95. Mappa campagna (grigio scuro) - area costruita (grigio chiaro), della città di Arequipa nel anno 2001.





Fig. 96. Vulcano "Misti" ed "andenes" o terrazze ad Arequipa, tutti e due sono considerati elementi modellatori del paesaggio naturale della città.



3.1.3. Clima

A) TEMPERATURA

In città, le temperature variano tra i 7°C ed i 25°C.

Le temperature medie annue nel 2016 sono state: temperatura minima 9,2°C, temperatura media 16,2°C, e temperatura massima 23,1°C (Fig. 97).

In un giorno le temperature possono

oscillare tra i 22 °C e i 10 °C, ma il clima sembra essere sempre favorevole e moderato, giacché il clima secco aiuta a sentire il freddo con minore intensità.

*** NEL DISEGNO ARCHITETTONICO:**

Siccome non vi sono temperature estreme, le mura sono fatte di mattoni con finitura in malta di cemento: non è necessario usare isolanti, intercapedini di area, ecc.

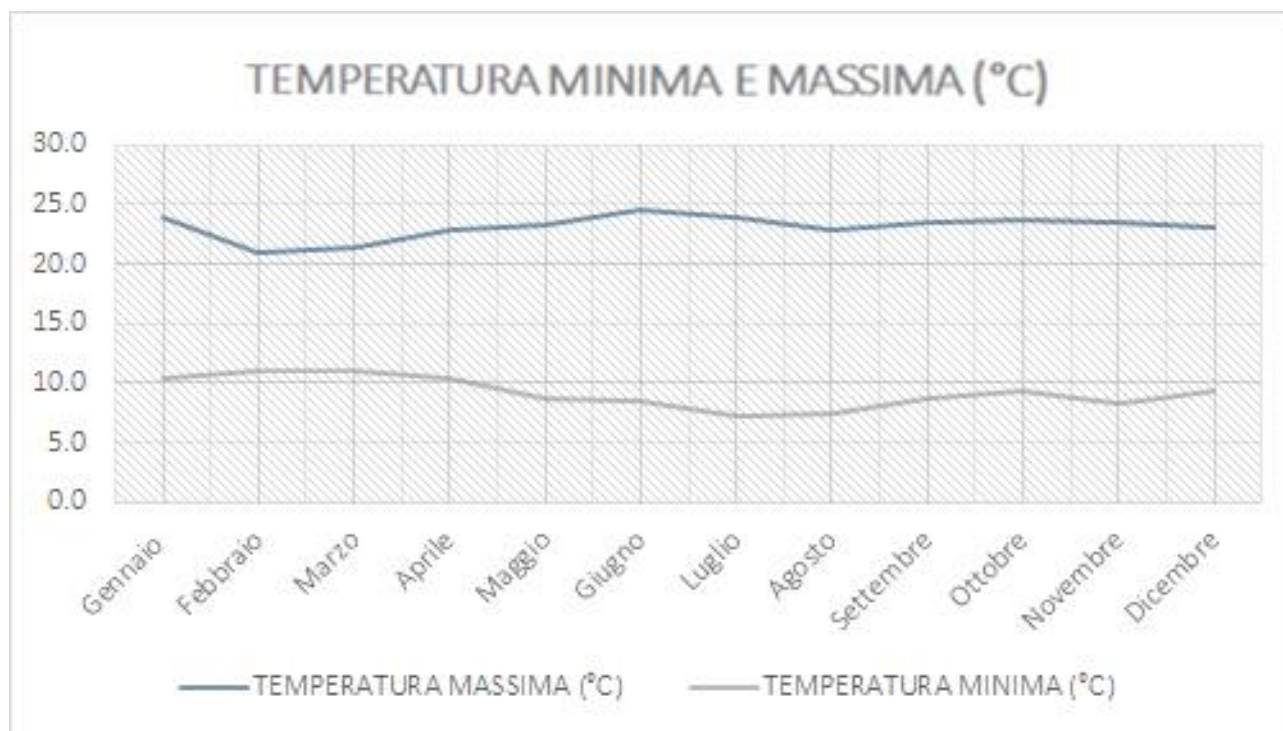


Fig. 97. Nel grafico lineare di sopra si possono vedere le temperature minime e massime della città di Arequipa per ogni mese nell'anno 2016 (Fonte: Senamhi)



MESI	TEMPERATURA MINIMA (°C)	TEMPERATURA MASSIMA (°C)
Gennaio	10.4	23.9
Febbraio	11.1	20.9
Marzo	11.0	21.4
Aprile	10.5	22.9
Maggio	8.8	23.3
Giugno	8.6	24.6
Luglio	7.3	23.9
Agosto	7.4	22.9
Settembre	8.8	23.5
Ottobre	9.4	23.6
Novembre	8.2	23.5
Dicembre	9.4	23.1

MESI	PRESSIONE MINIMA (hPa)	PRESSIONE MASSIMA (hPa)
Gennaio	765.0	767.1
Febbraio	765.8	767.4
Marzo	765.5	767.3
Aprile	765.6	767.6
Maggio	765.1	767.1
Giugno	765.9	768.8
Luglio	766.3	769.2
Agosto	766.3	769.0
Settembre	765.8	768.0
Ottobre	765.3	767.4
Novembre	765.3	767.2
Dicembre	764.9	766.7

*NEL DISEGNO ARCHITETTONICO:

Dato che in un giorno le temperature possono variare dai 22 gradi al mattino ai 10 gradi la sera, le camere da letto devono essere preferibilmente orientate a nord (considerando che il progetto si localizza nell'emisfero sud), per poter prendere la maggior quantità di calore durante il mattino e conservarlo per restare ancora calde durante la sera.

Fig. 98. Nella tabella a sinistra si possono vedere le temperature minime e massime per ogni mese nell'anno 2016 (Fonte: Senamhi - Servizio Nazionale di Meteorologia e Idrologia del Perù).

B) PRESSIONE

In città, la pressione varia tra i 765 hPa ed i 769 hPa.

Le pressioni medie annue nel 2016 sono state: pressione minima 765,5 hPa, pressione media 766,6 hPa, e pressione massima 767,7 hPa.

La pressione più bassa è stata 764,9 hPa nel mese di dicembre, e la più alta 769,2 hPa nel mese di luglio.

Fig. 99. Nella tabella a sinistra si possono vedere i valori della pressione atmosferica minima e massima per ogni mese dello scorso anno (Fonte: Senamhi - Servizio Nazionale di Meteorologia e Idrologia).



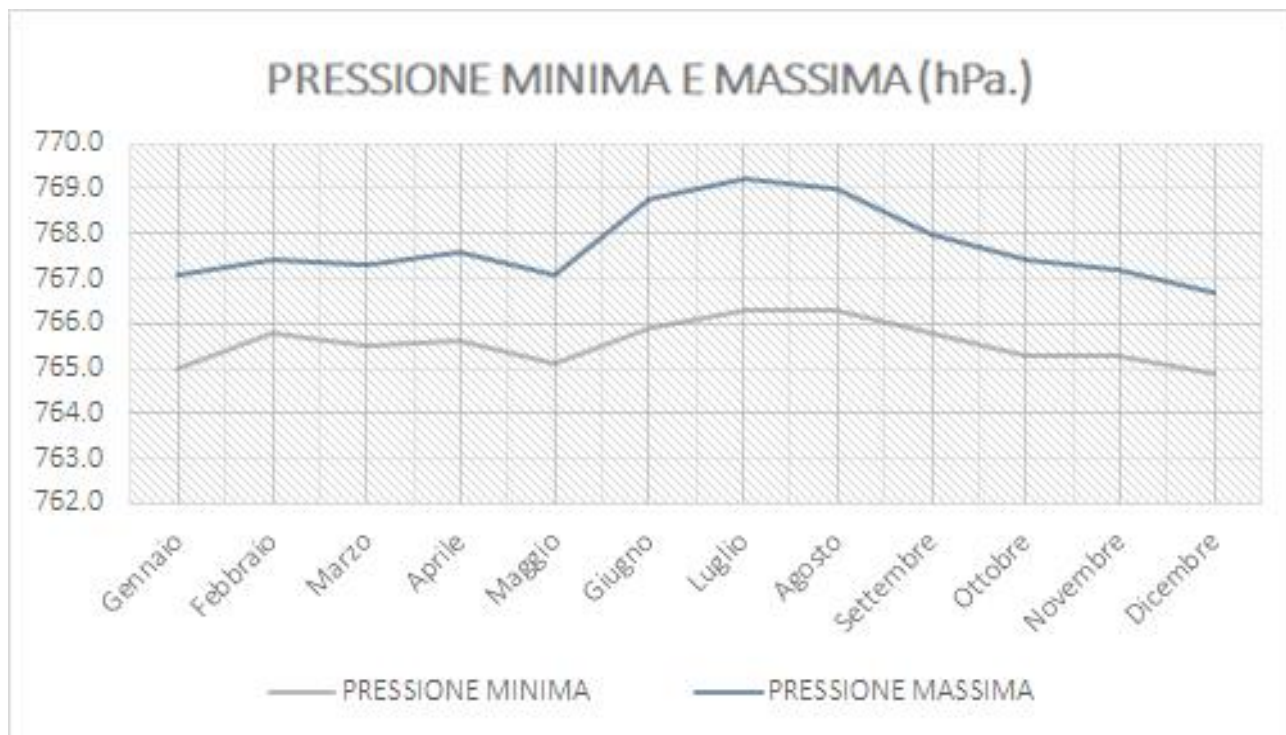


Fig. 100. Nel grafico lineare di sopra si possono vedere le pressioni minime e massime della città di Arequipa per ogni mese nell'anno 2016 (Fonte: Senamhi).

C) UMIDITA' RELATIVA

L'umidità relativa varia dal 24% all'83%. **Le medie annue di umidità relativa registrate nell'anno 2016 sono state: umidità relativa minima 34,8%, umidità relativa media 48,3% e umidità relativa massima 61,8%** (Fig. 101).

Il clima della città di Arequipa è prevalentemente secco nelle stagioni

inverno, autunno e primavera, giacché l'umidità è bassa durante questo periodo dell'anno, soprattutto nel mese di giugno e luglio, quando raggiunge solo il 29% ed il 24%, rispettivamente.

Nei mesi estivi, invece, i valori di umidità aumentano fino al 83% a causa della presenza di pioggia in questa stagione.

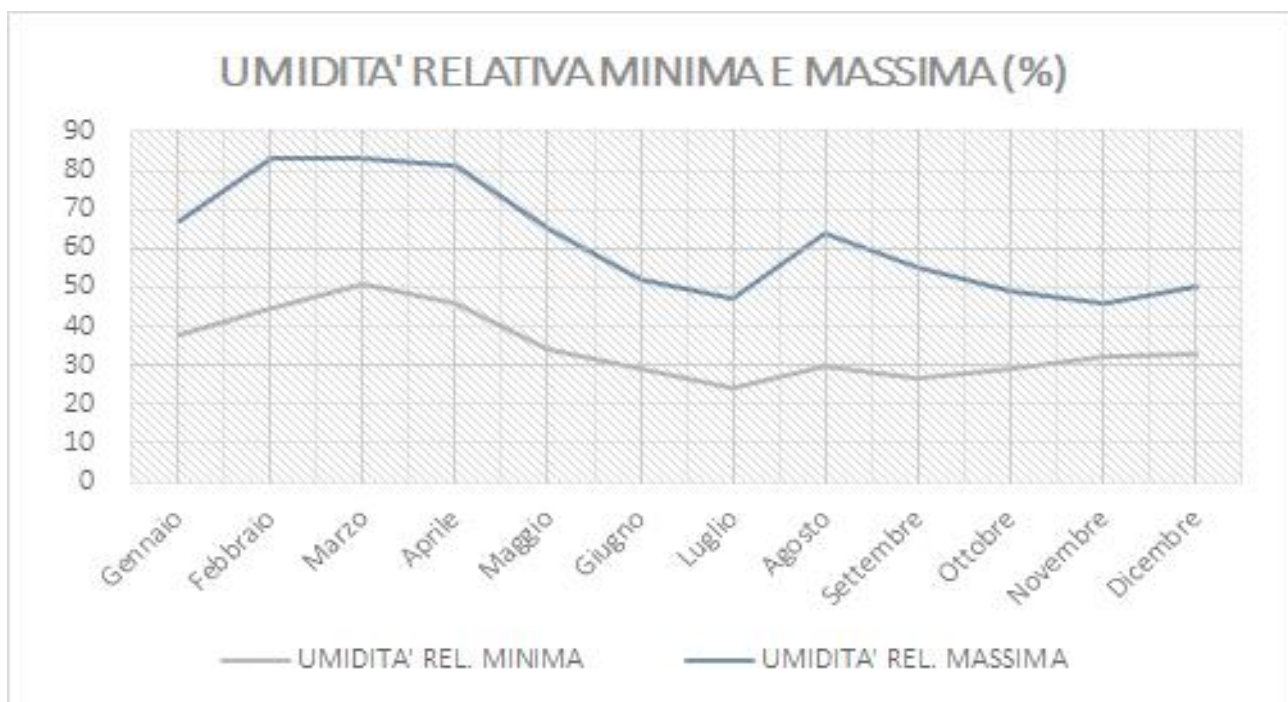


MESI	UMIDITA' REL. MINIMA (%)	UMIDITA' REL. MASSIMA (%)
Gennaio	38	67
Febbraio	45	83
Marzo	51	83
Aprile	46	81
Maggio	34	65
Giugno	29	52
Luglio	24	47
Agosto	30	64
Settembre	27	55
Ottobre	29	49
Novembre	32	46
Dicembre	33	50

*NEL DISEGNO ARCHITETTONICO:

La bassa umidità aiuta a sentire il freddo con minore intensità, ed è uno dei fattori che creano una sensazione termica costante e confortevole. Nelle abitazioni non è necessario l'uso di impianti come termosifoni o condizionatori; inoltre, in genere, non si presentano problemi di umidità in case ed edifici.

Fig. 101. Nella tabella a sinistra e nel grafico lineare in basso, si possono vedere i valori di umidità per ogni mese nel 2016 (Fonte: Senamhi - Servizio Nazionale di Meteorologia e Idrologia).



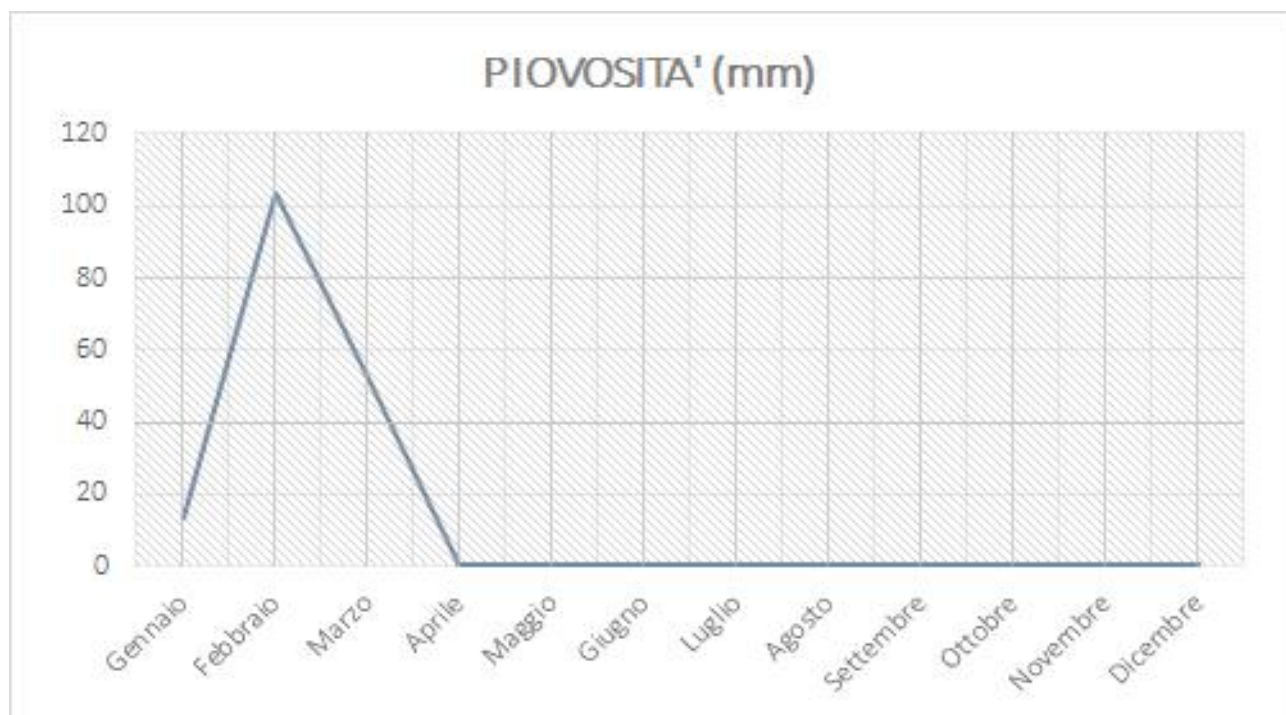
D) PIOVOSITA'

Le precipitazioni nella città di Arequipa si producono solo nei mesi di gennaio, febbraio, e marzo. La piovosità media annua riferita al 2016 è di 14.13 mm, con il valore più alto nel mese di febbraio (103.3 mm).

La mancanza di precipitazioni e la bassa umidità relativa determinano la presenza di cieli molto chiari e di un clima secco in città.

Fig. 102. Nella tabella a destra e nel grafico lineare in basso, si possono vedere i valori di piovosità per ogni mese nell'anno 2016 (Fonte: Senamhi - Servizio Nazionale di Meteorologia e Idrologia del Perù).

MESI	PIOVOSITA' (mm)
Gennaio	13.7
Febbraio	103.3
Marzo	52.6
Aprile	0.0
Maggio	0.0
Giugno	0.0
Luglio	0.0
Agosto	0.0
Settembre	0.0
Ottobre	0.0
Novembre	0.0
Dicembre	0.0



MESI	ORE DI SOLE (GIORNO) (h)	ORE DI SOLE (MESE) (h)
Gennaio	7.3	224.8
Febbraio	4.2	117.6
Marzo	4.9	151.9
Aprile	7.5	225.8
Maggio	8.2	255.4
Giugno	8.6	256.9
Luglio	8.6	265.0
Agosto	8.8	271.5
Settembre	8.7	261.7
Ottobre	9.3	289.0
Novembre	10.3	308.9
Dicembre	10.0	309.2

E) ORE DI SOLE

Arequipa ha registrato nel 2016 una media annua di 8,03 ore di sole al giorno, ed una media annua di 244,81 ore di sole al mese.

Le ore di sole variano tra 8 e 10, situazione interrotta solo durante i mesi di febbraio e marzo; questo succede principalmente grazie alla bassa latitudine, all'altitudine, alla poca umidità e al clima arido senza nuvolosità.

*NEL DISEGNO ARCHITETTONICO:

Le ore di sole, essendo costanti e numerose durante quasi tutto l'anno, determinano un buon funzionamento della serra solare, se ben progettata (orientata a nord).



Fig. 103. Nel grafico lineare si possono vedere le ore di sole al giorno ad Arequipa, per ogni mese dell'anno 2016.



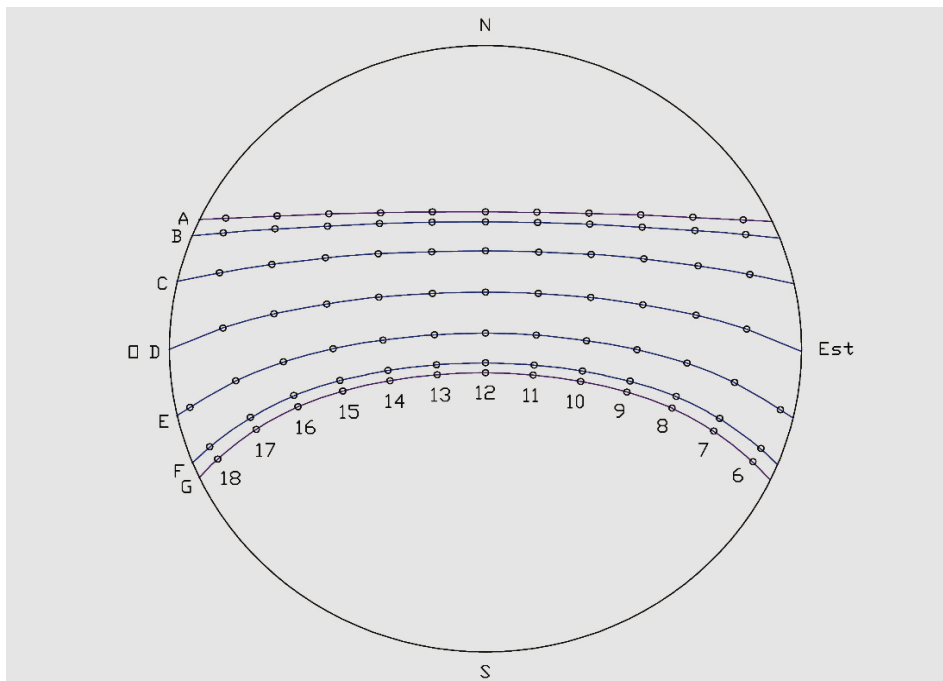


Fig. 104. Carta del sole della città di Arequipa (16° 24').

CARTA DEL SOLE O SUN PATH DIAGRAM

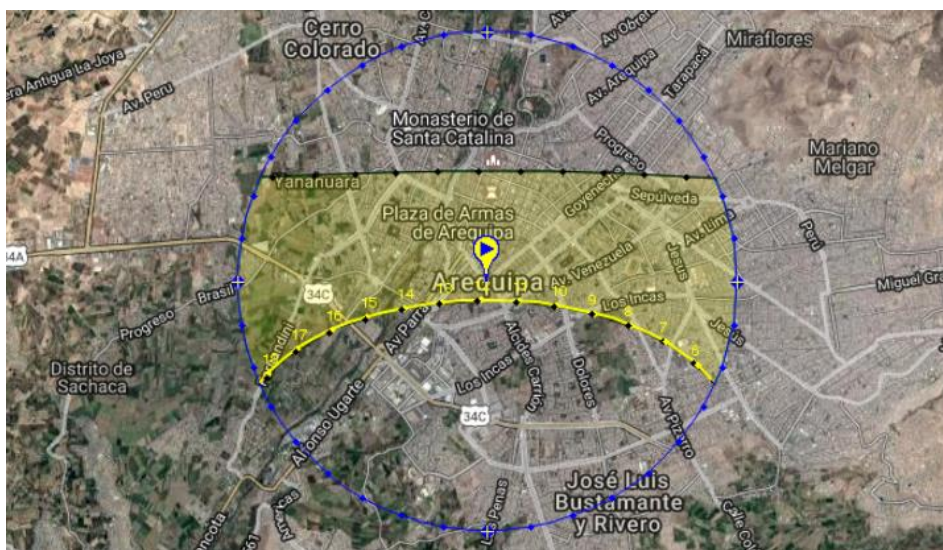
AREQUIPA (16° 24')

- A** 21 Giugno
- B** 21 Lug - Mag
- C** 21 Ago - Apr
- D** 21 Set - Mar
- E** 21 Ott - Feb
- F** 21 Nov - Gen
- G** 21 Dic

La carta solare è un diagramma sul quale è tracciata la traiettoria del moto apparente del sole nella volta celeste.

Questa carta cambia secondo l'altitudine e la longitudine del posto.

Nel progetto è stata utilizzata per calcolare le ore di sole sulle facciate dell'edificio.



F) RADIAZIONE SOLARE

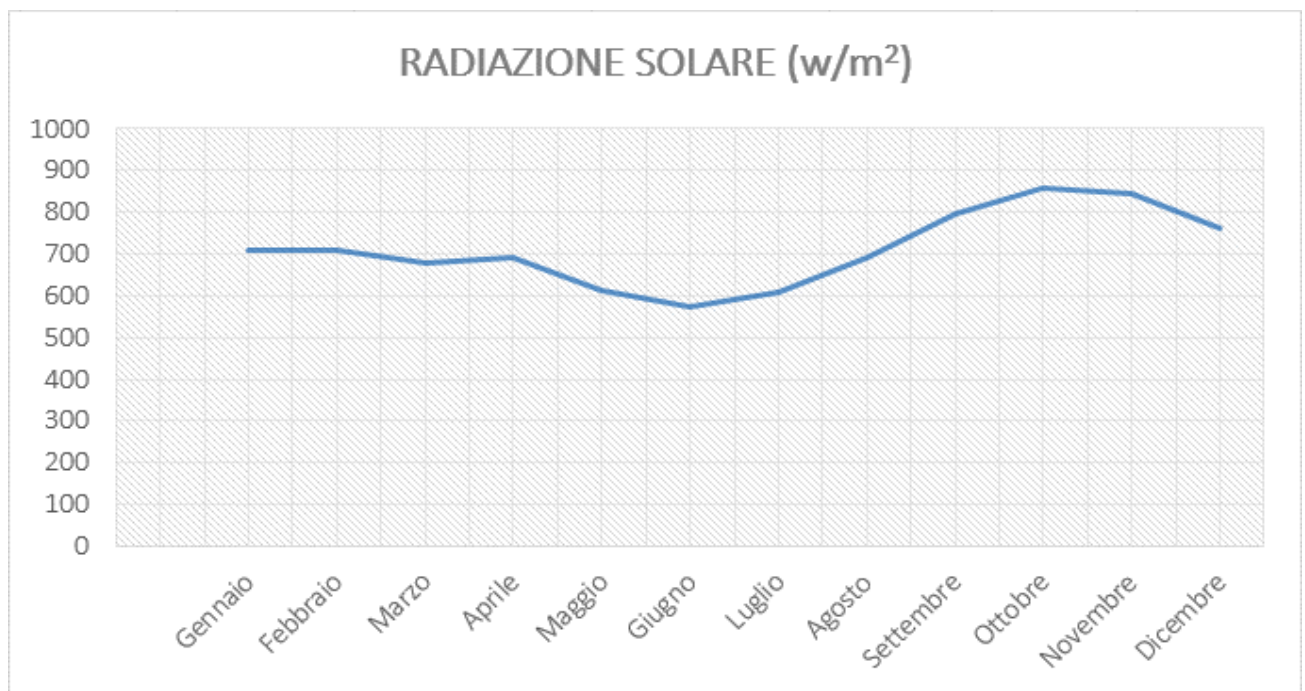
La radiazione solare ad Arequipa **è una delle più alte del paese** a causa della vicinanza della città alla zona di influenza del deserto di Atacama, essendo la **radiazione solare media annua di 710 w/m²**.

* NEL DISEGNO ARCHITETTONICO:

Poiché la radiazione solare è elevata durante tutto l'anno, diventa un fattore da tenere in conto nella progettazione architettonica, ad esempio al momento di considerare l'utilizzo di pannelli solari per la produzione di energia elettrica.

MESI	RADIAZIONE SOLARE (w/m ²)
Gennaio	710,30
Febbraio	710,70
Marzo	676,70
Aprile	690,00
Maggio	613,70
Giugno	570,90
Luglio	607,00
Agosto	689,20
Settembre	795,40
Ottobre	859,20
Novembre	845,10
Dicembre	761,00

Fig. 105. Nella tabella a destra e nel grafico lineare in basso, si può vedere la radiazione solare per mese nell'anno 2016.



G) VELOCITÀ E DIREZIONE DEL VENTO

I venti sono influenzati da un sistema di venti locali e dal passaggio di sistemi frontali di bassa pressione atmosferica, i quali sono condizionati dalla configurazione topografica che circonda la valle dove si localizza la città.

Nei mesi estivi, predominano le brezze

di valle con una direzione Sud-Sud-Ovest. In questo periodo la velocità media del vento alle 7 dal mattino è di 1,25 m/s, mentre alle 13 è di 7,18 m/s, ed alle 19 di sera è di 4,26 m/s.

In inverno, il vento soffia prevalentemente in direzione Nord-Nord-Ovest, e la velocità media del vento alle 7 dal mattino è di 1,1 m/s, mentre alle 13 è di 6,6 m/s, ed alle 19 di sera è di 3,45 m/s (Fig. 106).

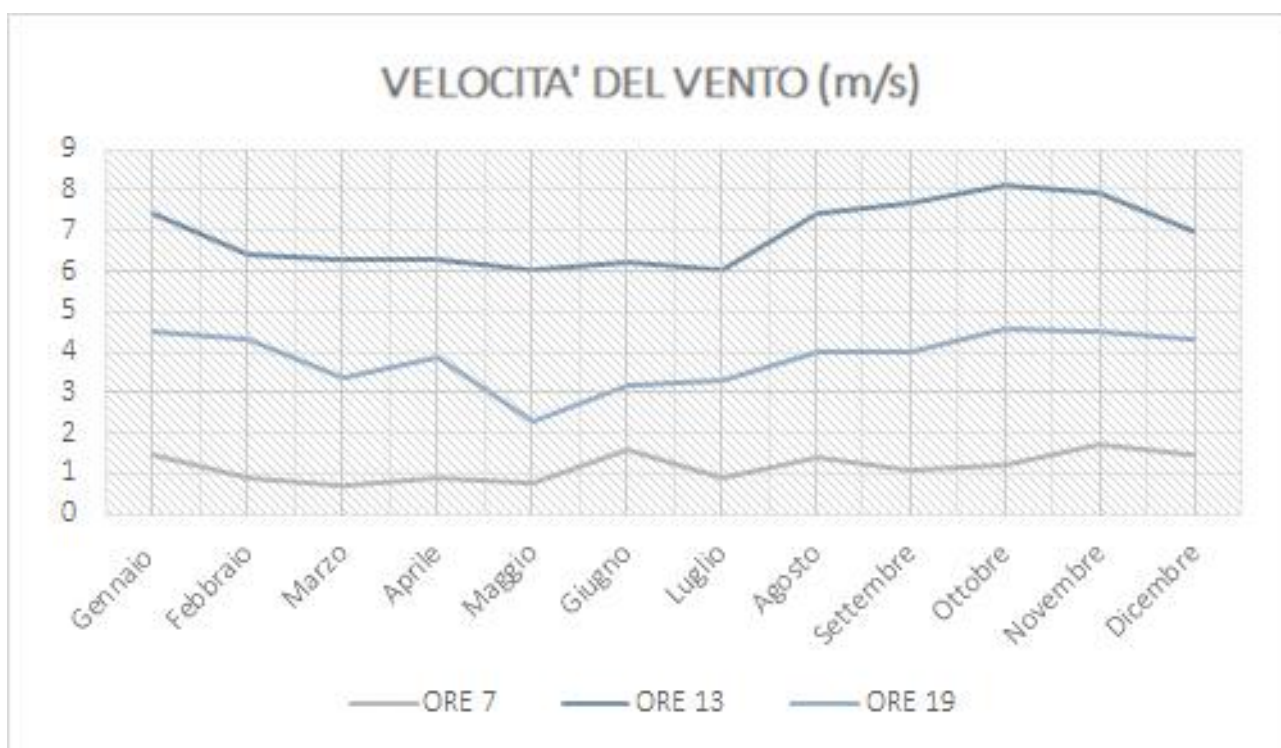


Fig. 106. Nel grafico lineare di sopra si possono vedere le velocità del vento in tre diverse ore del giorno, misurate in ogni mese dell'anno 2016 (Fonte: Senamhi).



MESI	VELOC. VENTO ORE 7 (m/s)	DIREZIONE VENTO ORE 7
Gennaio	1,5	Sud-sud-ovest
Febbraio	0,9	Sud-ovest
Marzo	0,7	Ovest-sud-ovest
Aprile	0,9	Ovest -sud-ovest
Maggio	0,8	Nord-ovest
Giugno	1,6	Nord-nord-ovest
Luglio	0,9	Nord-nord-ovest
Agosto	1,4	Nord-nord-ovest
Settembre	1,1	Nord-nord-ovest
Ottobre	1,2	Sud-ovest
Novembre	1,7	Sud-ovest
Dicembre	1,5	Sud-sud-ovest

MESI	VELOC. VENTO ORE 13 (m/s)	DIREZIONE VENTO ORE 13
Gennaio	7,4	Sud-sud-ovest
Febbraio	6,4	Sud-sud-ovest
Marzo	6,3	Sud-ovest
Aprile	6,3	Ovest-sud-ovest
Maggio	6,0	Nord-nord-ovest
Giugno	6,2	Nord-nord-ovest
Luglio	6,0	Nord-nord-ovest
Agosto	7,4	Nord-nord-ovest
Settembre	7,7	Nord-nord-ovest
Ottobre	8,1	Sud-ovest
Novembre	7,9	Sud-sud-ovest
Dicembre	7,0	Sud-sud-ovest

MESI	VELOC. VENTO ORE 19 (m/s)	DIREZIONE VENTO ORE 19
Gennaio	4,5	Sud-sud-ovest
Febbraio	4,3	Sud-sud-ovest
Marzo	3,4	Ovest-sud-ovest
Aprile	3,9	Ovest-nord-ovest
Maggio	2,3	Nord-ovest
Giugno	3,2	Nord-nord-ovest
Luglio	3,3	Nord-ovest
Agosto	4,0	Nord-nord-ovest
Settembre	4,0	Nord-nord-ovest
Ottobre	4,6	Sud-ovest
Novembre	4,5	Sud-ovest
Dicembre	4,3	Sud-sud-ovest

*** NEL DISEGNO ARCHITETTONICO:**

Il vento è uno dei parametri più importanti da considerare nell'architettura, per catturarlo, evitarlo, o controllarlo. In questa tesi, la ventilazione è stata essenziale per la progettazione, e si è deciso di utilizzare una ventilazione naturale diretta negli appartamenti e un sistema di ventilazione passante dall'atrio delle case.

Fig. 107. Nelle tabelle sopra e a sinistra si possono vedere i valori di velocità e direzione del vento alle 7, 13 e 19 ore, in ogni mese dell'anno 2016 (Fonte: Senamhi - Servizio Nazionale di Meteorologia).



3.1.4. L'edilizia

L'analisi della caratterizzazione della città permette di avere una **visione generale dello stato attuale della struttura urbana di Arequipa**, con l'obiettivo di tenere anche in conto questi fattori per il design del progetto.

* USO DEL SUOLO:

Nella mappa della pagina seguente, si possono osservare i diversi usi del suolo della città:

A. USO RESIDENZIALE:

È l'uso del suolo predominante nel 60% dell'area totale della città.

Nel suolo residenziale si possono distinguere quattro settori urbani:

- A1. Centro storico monumentale.
- A2. Settore urbano consolidato.
- A3. Settore periferico in processo di consolidamento.
- A4. Settore di insediamenti umani.

B. USO COMMERCIALE

Questo uso di suolo occupa il 5,5% della superficie della città, e si caratterizza per essere di tipo settoriale e comunale (abitazioni – commercio). Ha un'alta concentrazione nell'area del centro storico monumentale, e sui principali assi stradali che collegano

l'area centrale con la periferia.

C. USO INDUSTRIALE

L'uso del suolo industriale è diffuso in tutta la città, con tendenza a localizzarsi nella periferia e nella parte sud - ovest della zona centrale di Arequipa.

Occupava il 3,6% della superficie della città.

D. USI SPECIALI

Costituito da alcune attrezzature urbane principali (stadi, arene, cimitero), edifici istituzionali (comune, edifici di gestione, edifici religiosi, ecc.), e di servizio (aeroporto, stazione ferroviaria, ecc.).

Occupava l'11,50% della superficie della città.

E. USO RICREATIVO

Quest'uso è caratterizzato da parchi urbani, parchi naturali, giardini, piazze, e da tutte le altre zone verdi di recreazione. L'uso di suolo ricreativo è diffuso in tutta la città.

F. USO AGRICOLO

Quest'uso del suolo si localizza maggiormente nel sud, ovest, e sud - est della periferia della città, e si trova anche nella zona sud - ovest del centro della città.



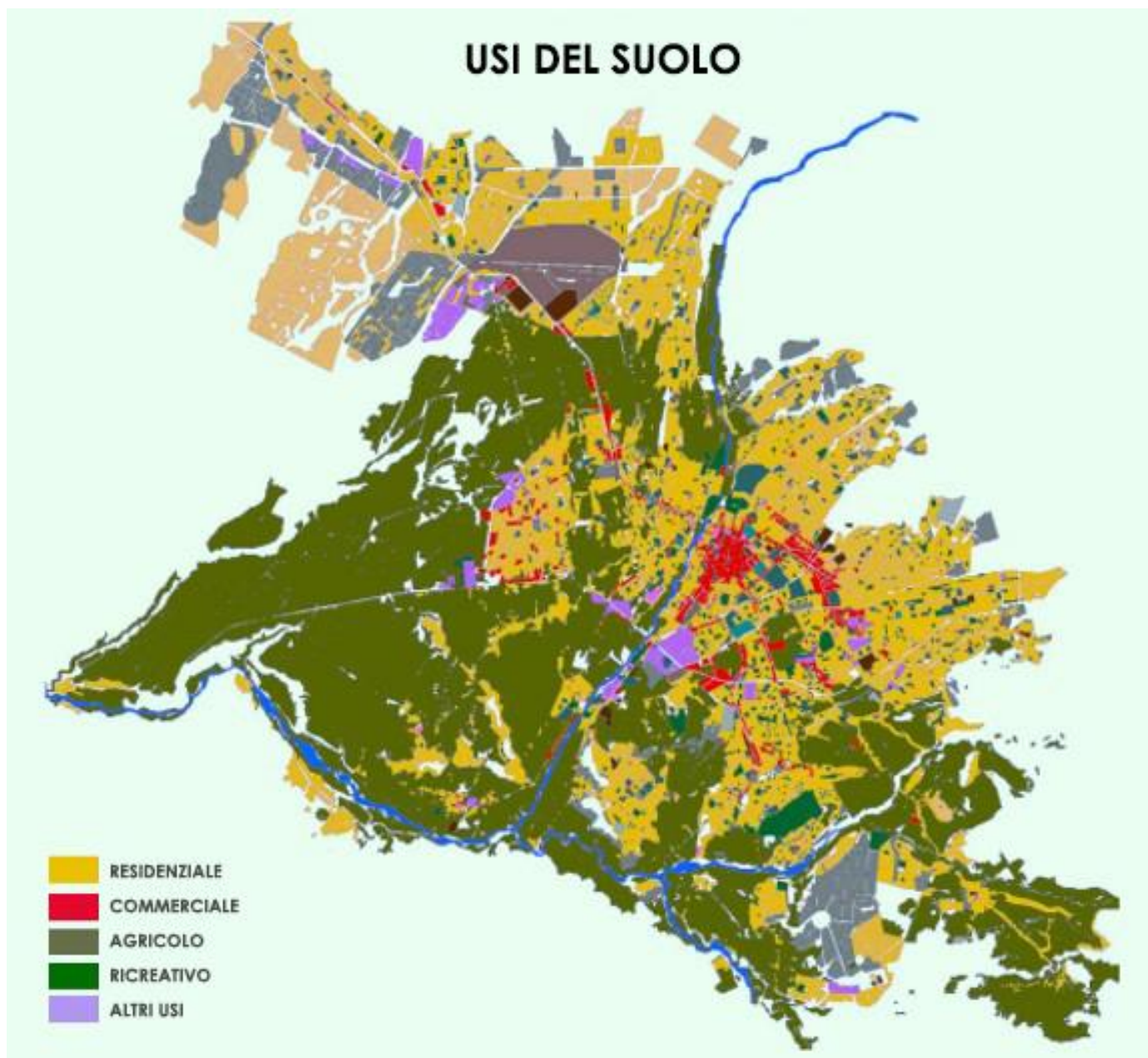


Fig. 108. Mappa degli usi del suolo della città di Arequipa, dove si distinguono principalmente 5 tipi di usi.



* ALTEZZA DELLE COSTRUZIONI:

La città presenta una evidente crescita orizzontale di bassa densità.

Nei settori periferici in processo di consolidamento, predominano le costruzioni ad un solo piano.

Nella zona centrale ed in alcune parti della periferia, c'è una predominanza di costruzioni a due piani, e ci sono delle aree specifiche in cui si possono trovare costruzioni a 3 piani ed a 4 piani.

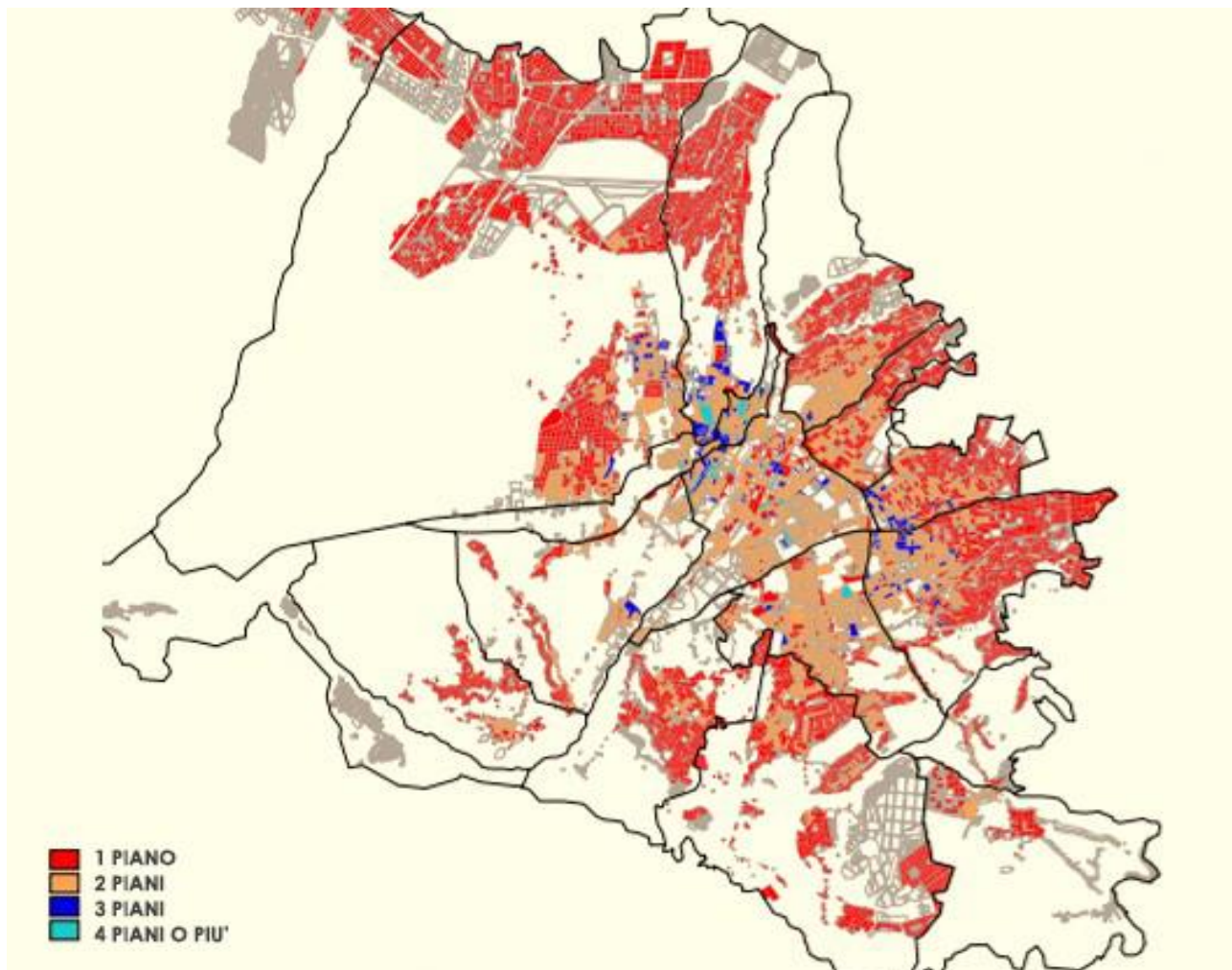


Fig. 109. Mappa dell'altezza delle costruzioni della città di Arequipa.





Fig. 110. Vista della città di Arequipa dal distretto di Yanahuara, in fondo si può anche osservare il Vulcano Misti.



4. ANALISI DEL SITO



4. ANALISI DEL SITO

4.1. Il complesso residenziale

Il lotto scelto per la progettazione del Complesso Residenziale Ecosostenibile, si posiziona in una zona che prima faceva parte della campagna di Arequipa, cioè una zona interamente verde, che col passar del tempo è cambiata di uso ed ora può essere utilizzata come zona residenziale.

Tuttavia, questo fenomeno succede non solo in questa parte della città ma in tante altre come conseguenza del “Boom Edilizio” prodotto dalla crescita dell'economia; questa crescita ha generato che le persone possano

avere più ingressi e per tanto investano il suo denaro in lotti, case e appartamenti; facendo crescere l'industria della costruzione, e creando una città che continua a crescere di forma orizzontale, predando ogni volta più aree verdi.

Il lotto è circondato al lato est da edifici, mentre al lato ovest si possono ancora vedere le terrazze o “andenes”; questo ha generato che uno dei principali parametri al momento di progettare sia cercare di reinserire il verde tolto dalla campagna.



4.1. Localizzazione

Il terreno scelto per la progettazione del Complesso Residenziale Ecosostenibile si localizza a ovest del Centro Città, più specificamente nel distretto di "Yanahuara".

Le sue coordinate geografiche sono

16°24' latitudine sud e 71°33'18'' longitudine ovest.

Come si può vedere nella mappa, si situa in una zona di recente urbanizzazione, circondata per il lato nord e ovest dalla campagna, mentre che per la parte est e sud si integra al tessuto urbano della città.



Fig. 111. Localizzazione del terreno a livello città, come si può vedere nella mappa il terreno si trova nella parte ovest di Arequipa.



4.1.1. LIVELLO DISTRETTO - CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBIENTE CIRCONDANTE

Nella mappa si possono vedere le vie principali, elementi naturali ed usi di suolo che comprendono l'ambiente circostante al terreno.

Il distretto di "Yanahura", dove si trova

il terreno, si posiziona a ovest del fiume "Chili", ed è composto da una importante zona commerciale (arancione), e da una parte della campagna di Arequipa (verde).

Al lato est del fiume si ubica invece il distretto "Cercado" composto dal Centro Storico della città (rosso).



Fig. 112. Mappa dei principali elementi che circondano il Complesso Residenziale Ecosostenibile.





Fig. 113. Centro Storico della città, costruito in pietra vulcanica bianca "Sillar".



Fig. 114. Cattedrale di Arequipa, localizzata nel Centro Storico della città.



Fig. 115. Centro Commerciale "Real Plaza".



Fig. 116. Zona Commerciale a "Yanahuara".



Fig. 117. Campagna di "Yanahuara", localizzata nella parte ovest del distretto.



ANALISI A LIVELLO QUARTIERE

1. ANALISI DEL VERDE

Nella mappa si possono vedere le aree verdi del quartiere dove si trova il terreno.

A ovest si posiziona la campagna "Campaña" di Arequipa, mentre a est

si osservano una serie aree verdi di ricreazione (parchi, piazze, spazi verdi all'aperto) dispersi nel tessuto urbano di questa zona.

Le strade con vegetazione si situano nei due viali principali e nelle strade della parte più consolidata del quartiere.



Fig. 118. Mappa delle principali aree verdi del quartiere dove si localizza il terreno.





Fig. 119. Incontro tra la campagna e il tessuto urbano della città.

Il terreno si trova in un'area di recente urbanizzazione che prima faceva parte della campagna di Arequipa (nella immagine si può vedere come il tessuto urbano comincia ad invadere pian piano l'area verde del distretto).

Come risposta a questo fenomeno, una premessa importante del design della tesi è introdurre la maggior parte possibile di verde nel Complesso Residenziale Ecosostenibile (parchi, aree verdi, tetti verdi, ecc.), in modo di compensare l'area verde tolta dalla campagna.



2. ANALISI PIENI/VUOTI, GERARCHIA STRADALE

PIENI E VUOTI: Come si può vedere nell'immagine, si tratta di una zona in processo di urbanizzazione, al lato destro del viale si localizza una zona residenziale consolidata, mentre al

lato sinistro si vede un zona residenziale con solo alcuni spazi costruiti ed altri ancora vuoti.

STRADE: Sulla mappa si è rappresentato le strade principali con un spessore maggiore, mentre le strade secondarie hanno un spessore più piccolo.



Fig. 120. Mappa pieni/vuoti, gerarchia stradale e tipi di zona verde, del quartiere dove si situa il progetto





Fig. 121. Schema tridimensionale delle aree piene e vuote della zona vicina al terreno. Come si può osservare si tratta di un settore in processo di urbanizzazione, dove l'altezza degli edifici va dai 2 piani ai 4 piani



Fig. 122. Schema tridimensionale dei pieni e vuoti vicini al terreno del Complesso Residenziale Ecosostenibile. Come si può osservare la zona ovest presenta più area costruita che la zona est, dove si vedono aree da costruire.






3. ANALISI DELLE VIE

Nell'analisi si può vedere che il terreno ha due vie di accesso (colore arancione); la prima "Via Taboada" situata accanto alla zona di campagna, e la seconda "Via Tahuaycani".

Entrambe le strade hanno due corsie per ogni senso di marcia, e si collegano con il corso "Metropolitana" (colore blu), che si situa a meno di 140 metri dal terreno. Nel incrocio tra corso Metropolitana e via Tahuaycani c'è una fermata del pullman.

TRAFFICO VEICOLARE

-  Alto
-  Medio
-  Basso

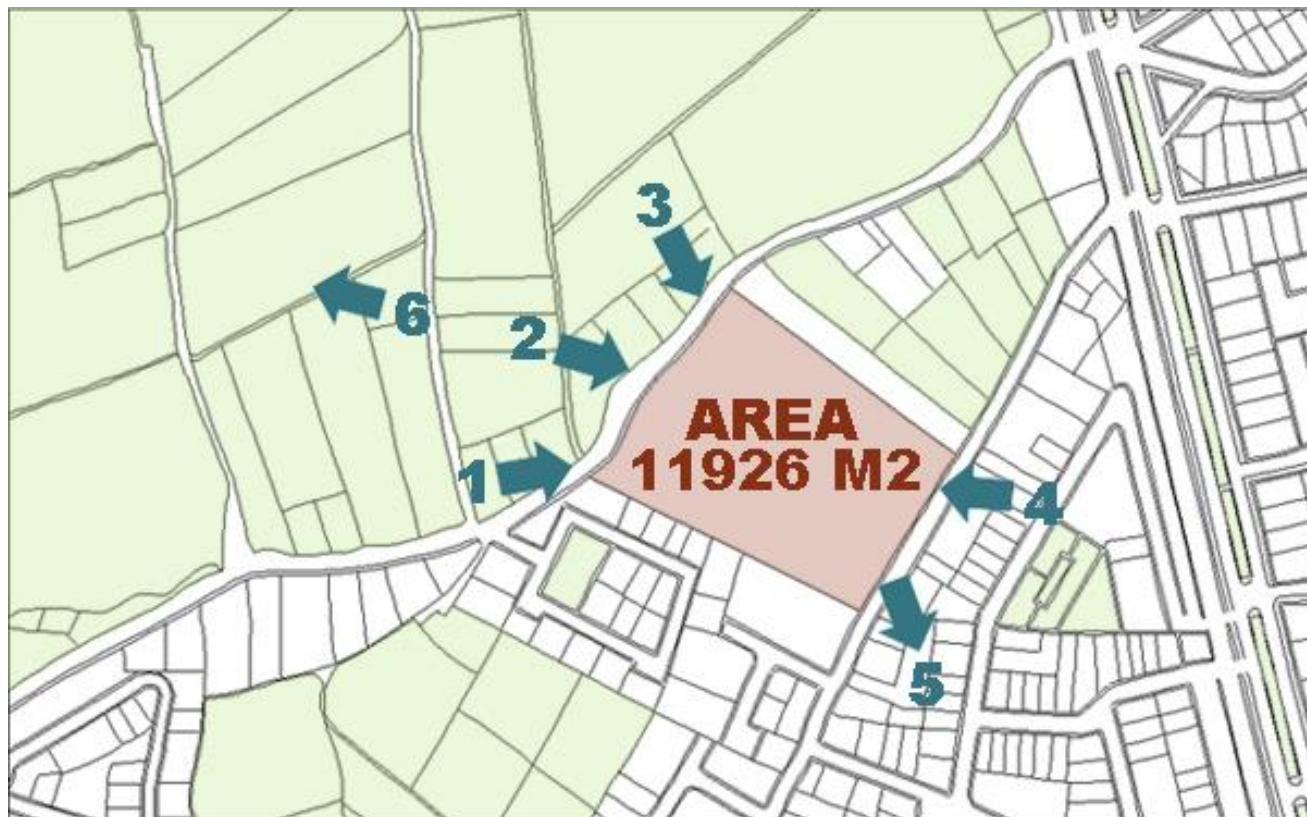
 Senso marcia

 Fermata

Fig. 123. Mappa del traffico veicolare del quartiere dove si trova il progetto, si può anche osservare il senso di marcia e le fermate del pullman.

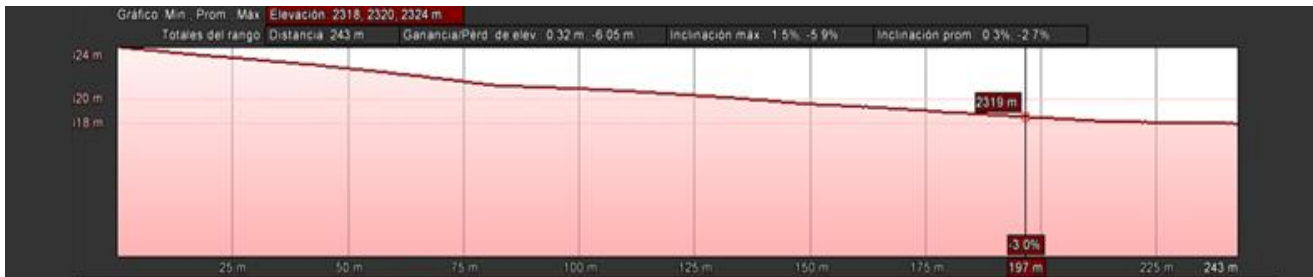
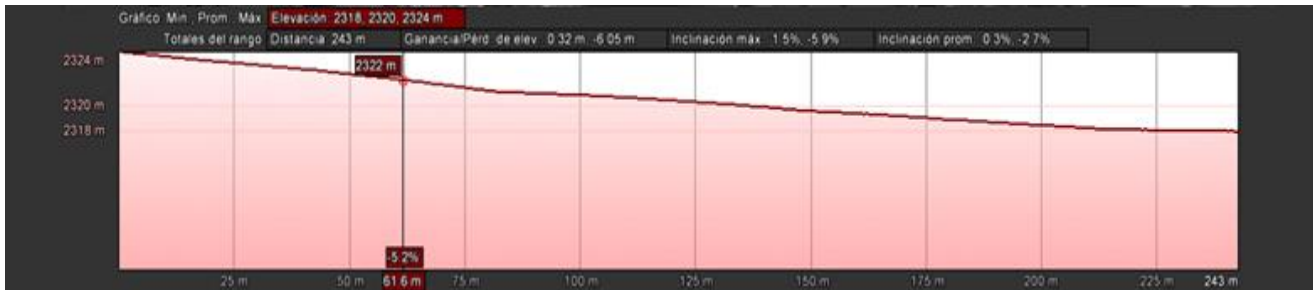


MISSURA DEL TERRENO E VISUALI

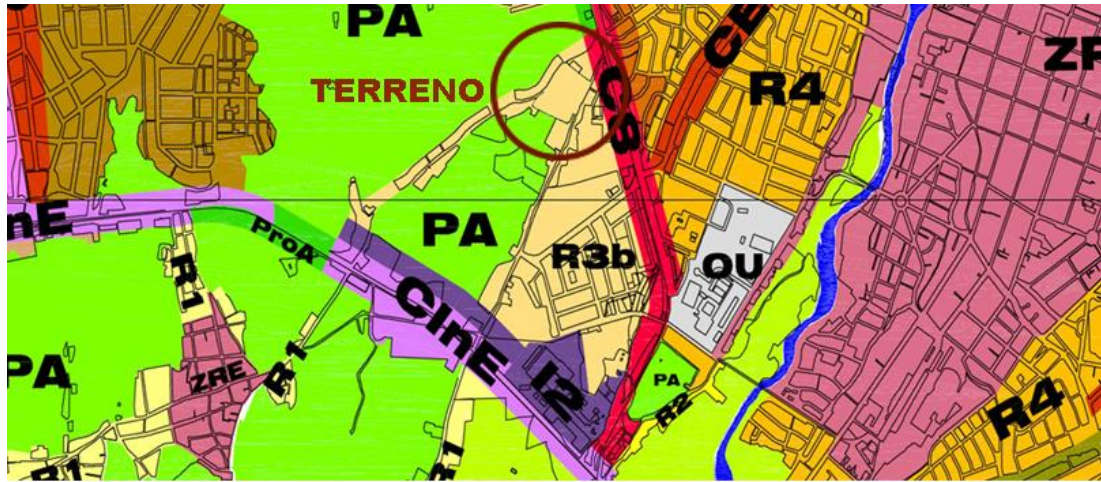




TOPOGRAFIA DEL TERRENO



NORMATIVA DEL TERRENO

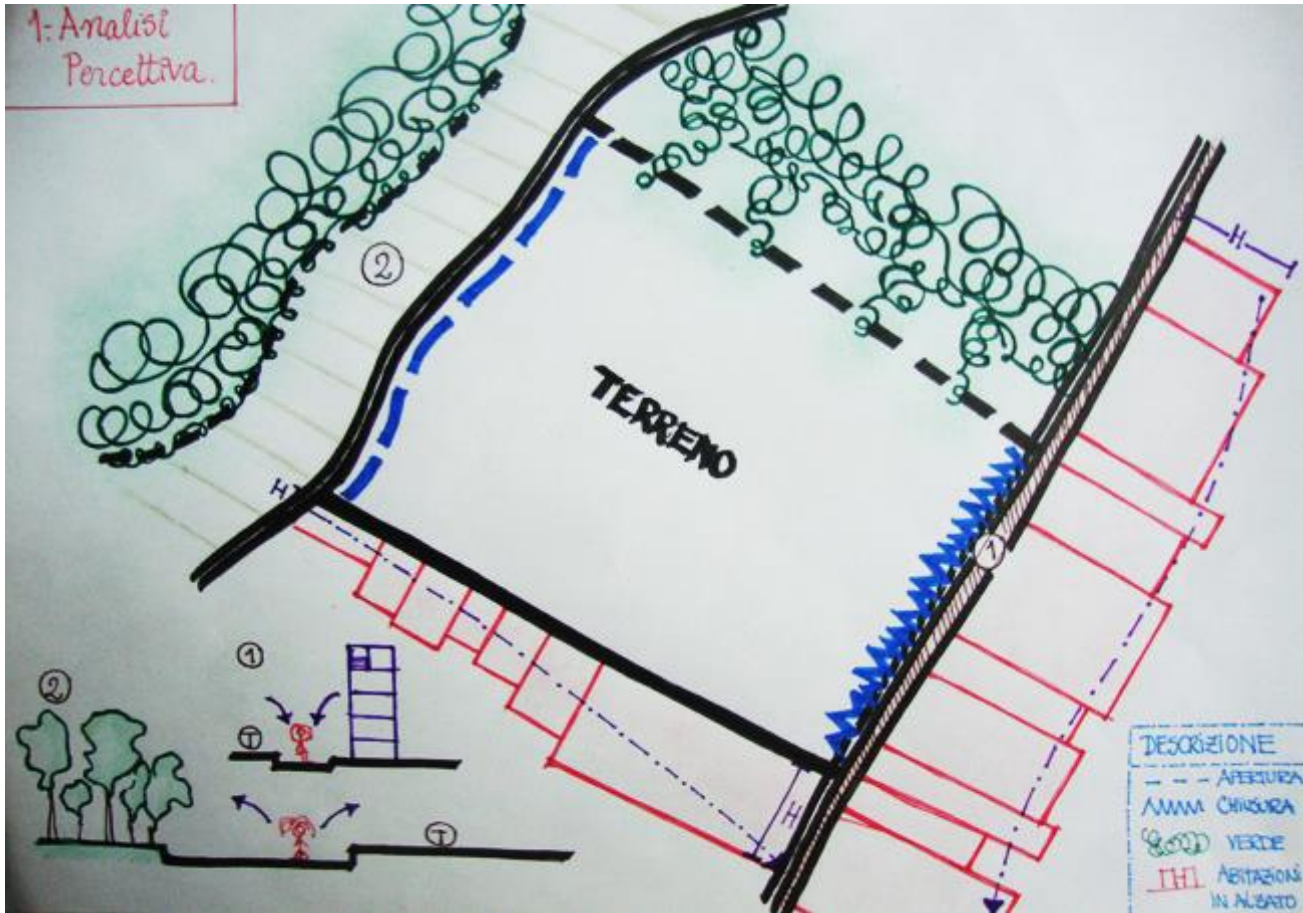


- R3B ABITAZIONE R3 BIFAMILIARE MEDIANA DENSIDAD 240-330 HAB/HA
- PA PRESERVAZIONE AMBIENTALE

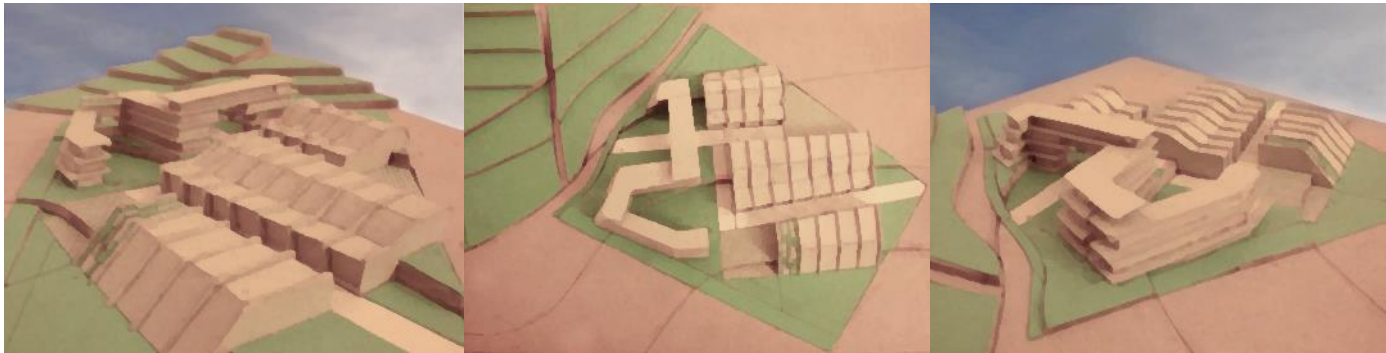
QUADRO RIASSUNTIVO DELLA ZONIFICAZIONE RESIDENZIALE						
TIPO DI DENSITA'	ZONA	DENSITA'	COEFFICIENTE DI COSTRUZIONE	% AREA LIBERA	LATO MINIMO	PARCHEGGI
Densidad Baja	R1	110 hab/Ha	0.2	60	20 - 25 m	1 c/v
	R2	160 hab/Ha	0.3 - 0.6	60	15 - 20 m	1 c/v
Media	R3U	240 hab/Ha	0.5 - 1.0	40	8 - 12 m	1 c/v
	R3B	330 hab/Ha	1.0 - 2.1	30	12 - 15 m	1 c/2v
	R4	400 hab/Ha	2.4 - 3.6	35	10 - 15 m	1 c/3 v
Densidad Alta	R5 - R6	640 hab/Ha	2.1 - 5.4	40	15 - 20 m	1 c/4 v



ANALISI PERCETTIVA



5. IL PROGETTO



5.1. MASTERPLAN

5.1.1. Masterplan generale



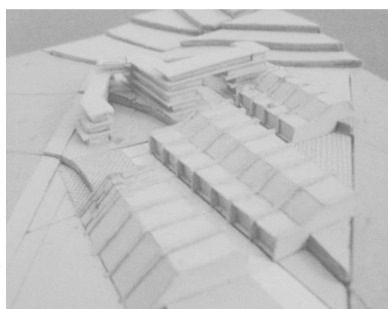
Fig. 110. Masterplan generale del Complesso Residenziale Ecosostenibile ad Arequipa – Perù.



5.1.1. Concept – Analogia Inca



Uso della diagonale come elemento principale di distribuzione e di ordinamento; nel progetto si è voluto inserire la diagonale accanto ad ogni "anden", e le proiezioni di esse danno forma all'edificio principale.



Uso delle curve di livello per creare le terrazze, dando una continuità alle terrazze esistenti.

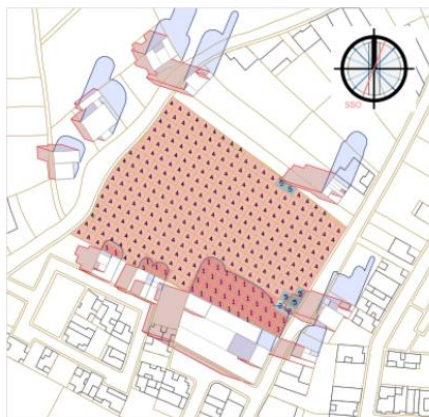


Inserimento di canali, uguali a quelli della cultura Inca, dentro del complesso per l'irrigazione ed anche in modo decorativo.

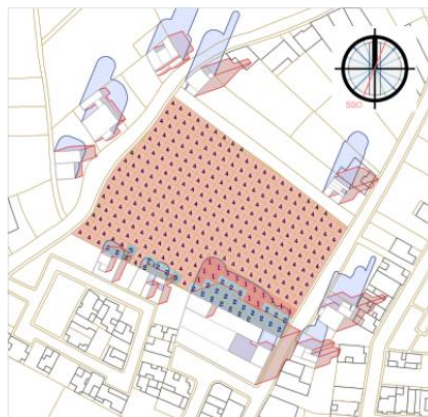


5.1.3. Matrice microclimatica del sito

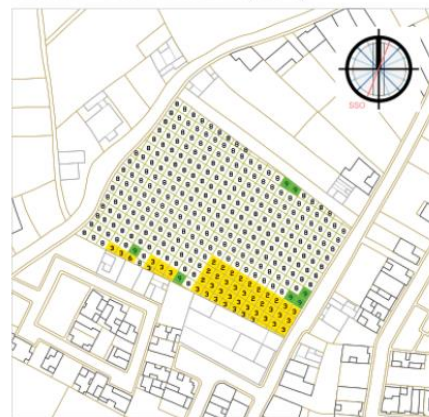
ESTATE - DICEMBRE 21 ORE 8 (SSO)



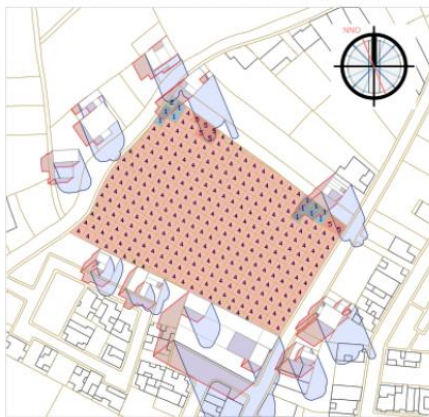
ESTATE - DICEMBRE 21 ORE 16 (SSO)



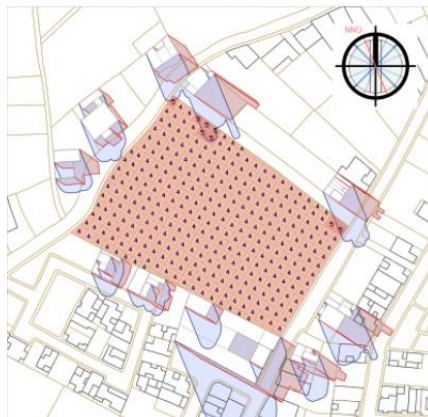
ESTATE - DICEMBRE 21 (SSO)



INVERNO - GIUGNO 21 ORE 10 (NNO)



INVERNO - GIUGNO 21 ORE 14 (NNO)



INVERNO - GIUGNO 21 (NNO)



Per poter cominciare a disegnare il Masterplan generale del Complesso Residenziale Ecosostenibile, si è utilizzato come elemento principale la **MATRICE MICROCLIMATICA DEL SITO**, nella quale ho inserito i dati ricavati riguardo al vento e all'ombreggiamento degli elementi circostanti sia in estate che in inverno, con la finalità di determinare che zone sono le più adatte per la progettazione delle aree costruite e le aree aperte.



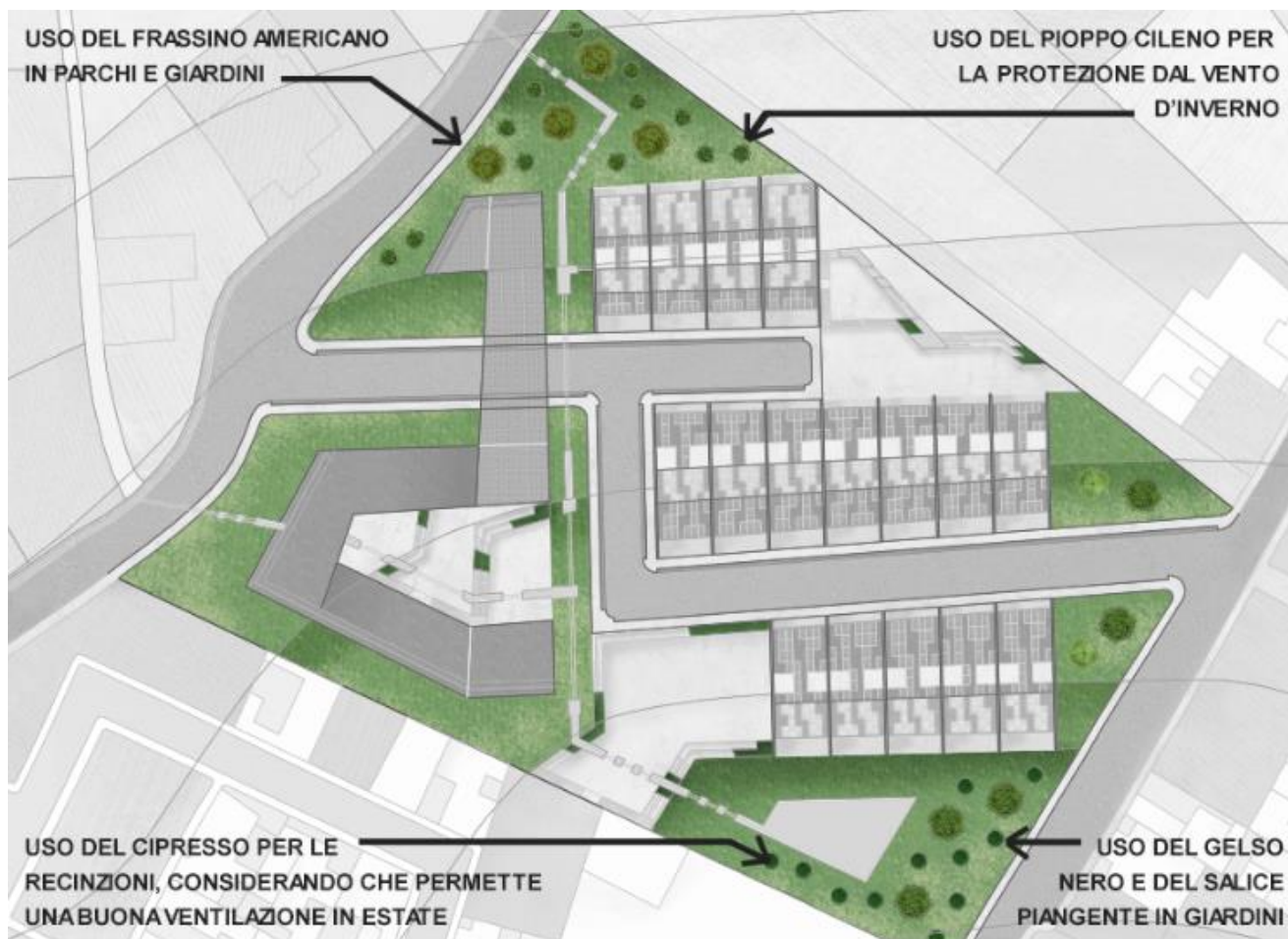
5.1.3.1. MATRICE MICROCLIMATICA + MASTERPLAN



Il risultato della Matrice Microclimatica è stato l'ordinamento generale del Masterplan; si vede come a seconda delle condizioni si è determinato le aree da costruire e quelle da disegnare come aree aperte.



5.1.4. Aree verdi e zonizzazione degli alberi



Dopo aver determinato le aree aperte del Masterplan tramite la Matrice Microclimatica, bisogna designare quali saranno aree verdi, piazze, parchi, ecc. In questa fase la matrice diventa un elemento molto utile, perché, ad esempio, le zone in scia di vento e con ombreggiamento sono ideali come spazi di lettura, mentre quelle con ventilazione sono ottime per le attività fisiche.

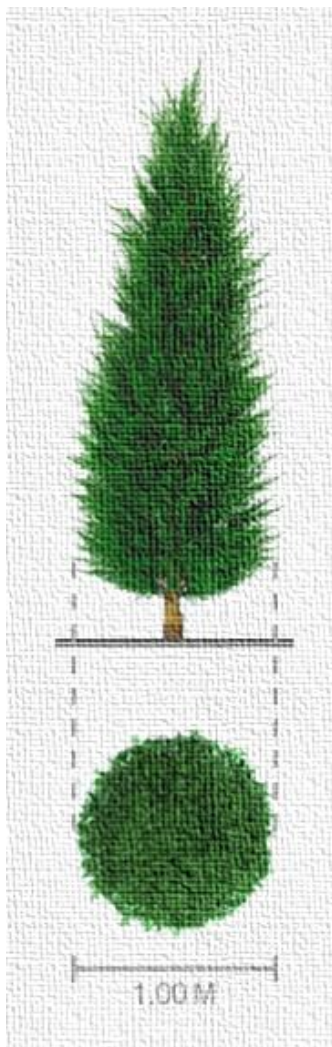


5.1.4.1. STUDIO DEGLI ALBERI ADATTI AL CLIMA DELLA CITTA'

CIPRESSO

CUPRESSUS SEMPERVIRENS

Nella scelta degli alberi da utilizzare nel progetto il Cipresso è stato scelto perché è un albero che si trova molto spesso nelle vicinanze del lotto da costruire. Il cipresso è stato utilizzato nella parte più bassa dal lotto, nella zona da dove provengono i venti di estate, in modo di lasciar passare i venti e riuscire ad avere una ventilazione naturale sia nelle case che negli edifici.



TERRENO	QUALSIASI	
RADICE	MEDIO SVILUPPO	
IMPIEGO	1.-IN VIALI E STRADE 2.-PER RECINZIONI 3.-IN GIARDINI E PARCHI	
FORMA	FOGLIAME	TRONCO
		
TEMPER.	FOGLIA	FIORE
		NON HA

SUPERFICIE FOGLIARE PER UNITÀ (CM2)	0.04
SUPERFICIE FOGLIARE TOTALE (M2)	50.26
RESPIRAZIONE (OSSIGENO MG / GIORNO)	2,439
TRASPIRAZIONE (ACQUA L / GIORNO)	6.2



FRASSINO AMERICANO

FRAXINUS AMERICANA

Il Frassino Americano è stato scelto per essere un albero adatto al tipo di terreno che si trova nel lotto, ed anche perché si può utilizzare in parchi, piazze e giardini.

Nel progetto lo si utilizza nella zona di aree verdi passive della terrazza più alta del Complesso Residenziale ad Arequipa



TERRENO	SEMIUMIDI, QUALSIASI	
RADICE	SUPERFICIALE	
IMPIEGO	1.-IN PARCHI E PIAZZE 2.-IN GIARDINI	
FORMA	FOGLIAME	TRONCO
		
TEMPER.	FOGLIA	FIORE
		NON HA

SUPERFICIE FOGLIARE PER UNITÀ (CM2)	23.50
SUPERFICIE FOGLIARE TOTALE (M2)	848.81
RESPIRAZIONE (OSSIGENO MG / GIORNO)	17,445
TRASPIRAZIONE (ACQUA L / GIORNO)	351.55



GREVILLEA *GREVILLEA ROBUSTA*

La Grevillea è stata scelta per essere adatta al tipo di terreno del lotto a disegnare. Un altro fattore per sceglierla è stato il bel colore dei suoi fiori, e il suo tipo di foglia.

La Grevillea può essere utilizzata in parchi ed in piazze, ed è un albero che paesaggisticamente può aiutare a dare vita agli spazi aperti coi suoi colori e la sua forma.



TERRENO	COMPATTATO, SEMIUMEDO, SABBIOSO	
RADICE	MEDIO SVILUPPO	
IMPIEGO	1.-IN PARCHI E PIAZZE	
FORMA	FOGLIAME	TRONCO
		
TEMPER.	FOGLIA	FIORE
		

SUPERFICIE FOGLIARE PER UNITÀ (CM2)	4.00
SUPERFICIE FOGLIARE TOTALE (M2)	282.74
RESPIRAZIONE (OSSIGENO MG / GIORNO)	6,737
TRASPIRAZIONE (ACQUA L / GIORNO)	35.34



STUDIO DEGLI ALBERI ADATTI AL CLIMA DELLA CITTA'

GELSO NERO

MORUS NIGRA

Il Gelso Nero è stato scelto perché è molto adattabile a qualsiasi terreno, e perché si può utilizzare in parchi, piazze e giardini.

La sua forma e il suo spesso fogliame, permettono di utilizzarlo in zone di lettura o per le attività in cui ci sia necessità di avere ombra.



TERRENO	QUALSIASI	
RADICE	SUPERFICIALE	
IMPIEGO	1.-IN PARCHI E PIAZZE 2.-IN GIARDINI	
FORMA	FOGLIAME	TRONCO
		
TEMPER.	FOGLIA	FIORE
		

SUPERFICIE FOGLIARE PER UNITÀ (CM2)	145.50
SUPERFICIE FOGLIARE TOTALE (M2)	975.14
RESPIRAZIONE (OSSIGENO MG / GIORNO)	3,977
TRASPIRAZIONE (ACQUA L / GIORNO)	121.89



PIOPPO CILENO *POPULUS NIGRA ITALICA*

Il Pioppo Cileno è stato scelto più che altro per essere un albero che proporziona protezione dal vento, ed è stato messo nella parte più alta del lotto, da dove provengono i venti di inverno, per funzionare come una barriera contro il vento. Questo albero può essere anche utilizzato in parchi e piazze, ed è adatto per il terreno del progetto.



TERRENO	SEMIUMIDI	
RADICE	SUPERFICIALE	
	1.-IN PARCHI E PIAZZE 2.-PROTEZIONE DAL VENTO	
FORMA	FOGLIAME	TRONCO
TEMPER.	FOGLIA	FIORE

SUPERFICIE FOGLIARE PER UNITÀ (CM2)	60.60
SUPERFICIE FOGLIARE TOTALE (M2)	508.94
RESPIRAZIONE (OSSIGENO MG / GIORNO)	4,153
TRASPIRAZIONE (ACQUA L / GIORNO)	63.6



STUDIO DEGLI ALBERI ADATTI AL CLIMA DELLA CITTA'

SALICE PIANGENTE *SALIX BABYLONICA*

Il Salice Piangente è stato scelto per essere un albero adatto al tipo di terreno, e per il suo colore. E' un albero che si può utilizzare in parchi, piazze ed anche in giardini.

Dal punto di vista paesaggistico è molto decorativo, e nel progetto si è utilizzato nei giardini.



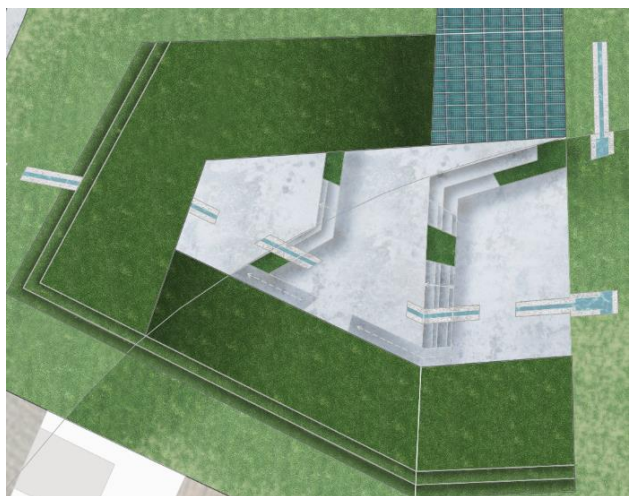
TERRENO	SEMIUMIDI	
RADICE	MEDIO SVILUPPO	
IMPIEGO	1.-IN PARCHI E PIAZZE 2.-IN GIARDINI	
FORMA	FOGLIAME	TRONCO
		
TEMPER.	FOGLIA	FIORE
		

SUPERFICIE FOGLIARE PER UNITÀ (CM2)	5.50
SUPERFICIE FOGLIARE TOTALE (M2)	466.52
RESPIRAZIONE (OSSIGENO MG / GIORNO)	2,354
TRASPIRAZIONE (ACQUA L / GIORNO)	69.97

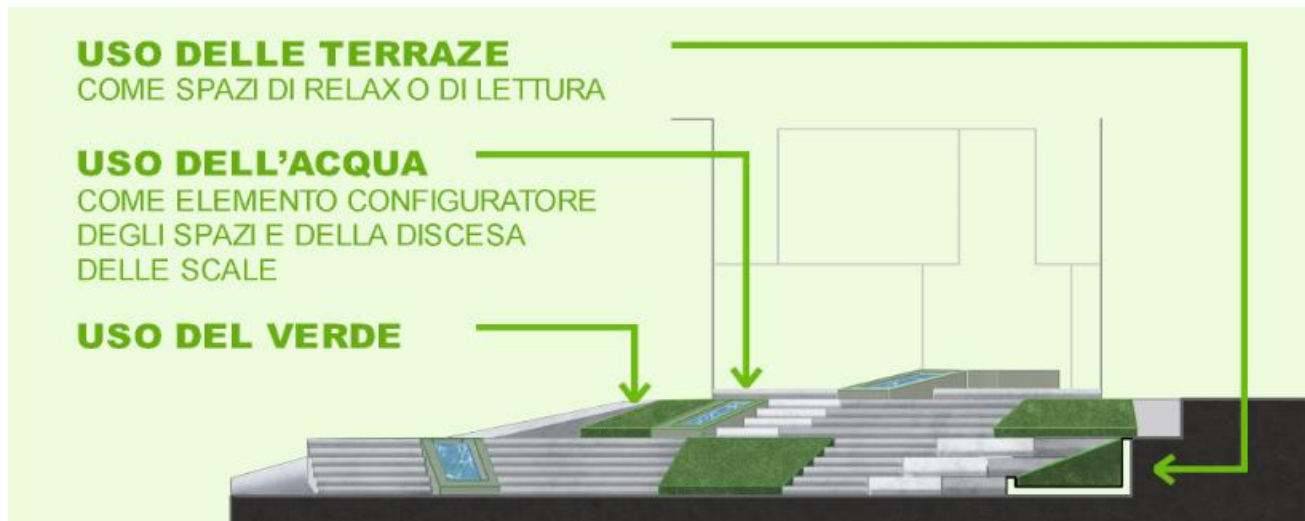


5.1.5. Aree aperte di ricreazione

5.1.5.1. PIAZZA DELL'ACQUA



Il design della Piazza dell'acqua, prova a riutilizzare elementi che gli Incas utilizzarono, per elaborare i suoi canali di acqua.



Nella Piazza dell'Acqua si utilizzano canali con forme tipiche Inca, per poter irrigare il complesso, giacché vicino al lotto passa un canale di irrigazione maggiore.



5.2. AREA COSTRUITA

5.2.1. L'edificio

5.2.1.1. PLANIMETRIA

Nella parte di sotto si possono vedere le

piante del Piano Sotterraneo e del Terzo Piano.

Nel Piano Sotterraneo si trova il parcheggio interrato ed in una parte semi interrata si situa l'asilo-nido.

Nel Terzo Piano si localizza un ristoranti con delle belle visuali.

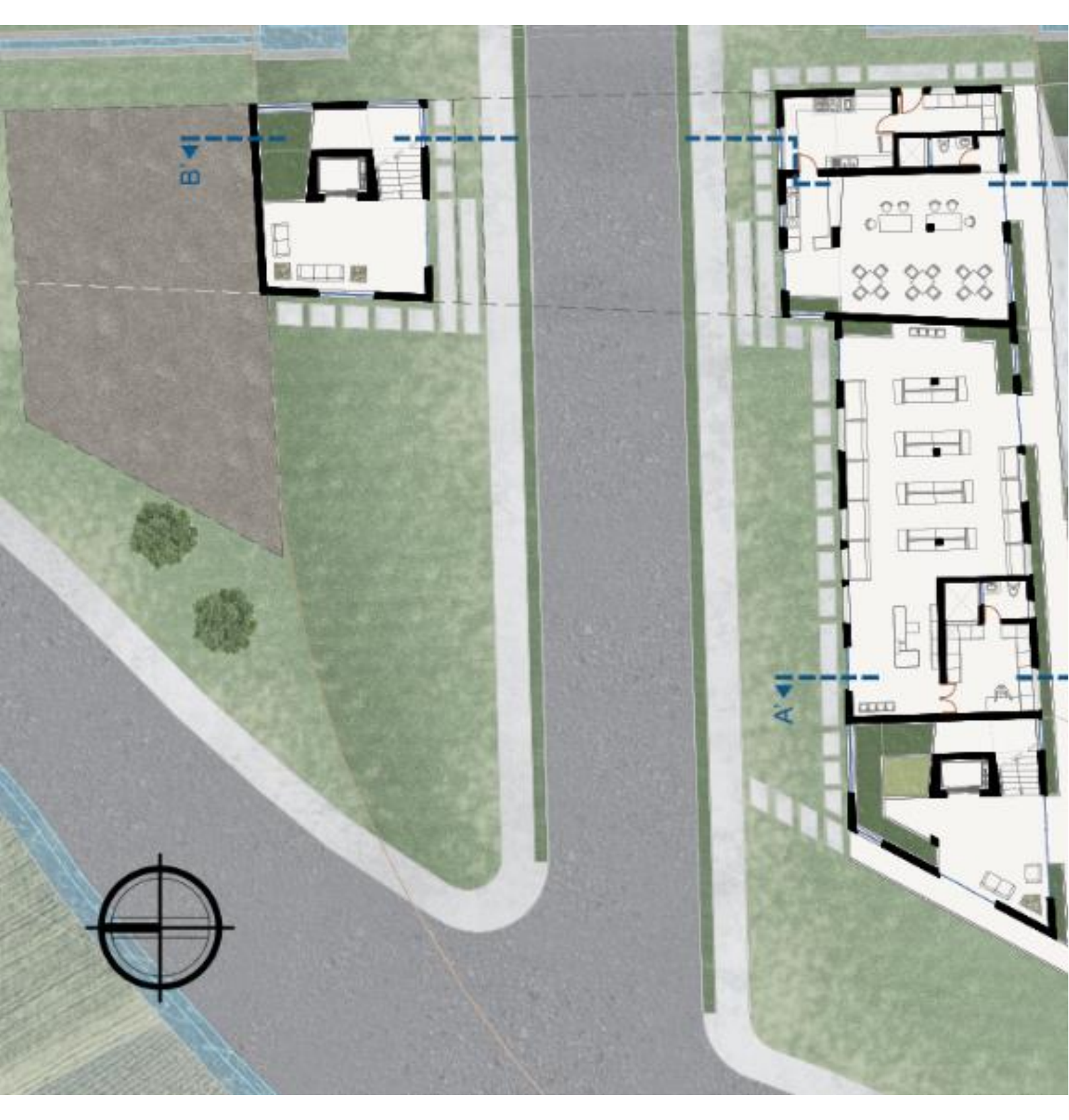


PIANO SOTTERRANEO



TERZO PIANO





B' ←

← A'



PIANO TERRA

Nel lato nord del Piano Terra si localizzano i servizi, tali come Minimarket e Caffè, per l'uso di tutti gli abitanti del Complesso Residenziale Ecosostenibile.

Nel lato sud, siccome in questa zona il volume fa parte del Primo Piano dato che sotto c'è un Piano Seminterrato adeguato al dislivello delle terrazze, si creano degli spazi residenziali.

In questa parte si localizza la Tipologia A di appartamenti per 3 persone (una camera di letto matrimoniale ed una camera da letto singola), c'è anche un grade spazio conformato dal soggiorno, sala da pranzo e cucina, che al non avere divisioni permette una buona ventilazione diretta.

Inoltre questa tipologia conta con 2 bagni.







PRIMO PIANO

Nel lato nord del Primo Piano si localizza la Tipologia 4 di appartamenti, che è disegnata per 4 persone (una camera da letto matrimoniale e due camere da letti singole), conta anche con soggiorno, sala da pranzo e cucina, ogni camera da letto ha i propri balconi, e la camera da letto matrimoniale conta con un bagno privato e con un walking closet.

Nella parte in mezzo e sinistra dell'edificio si localizza la Tipologia 2 di appartamenti, fatta per 4 persone con le stesse caratteristiche della Tipologia 4, tranne per il fatto che non ha dei balconi.

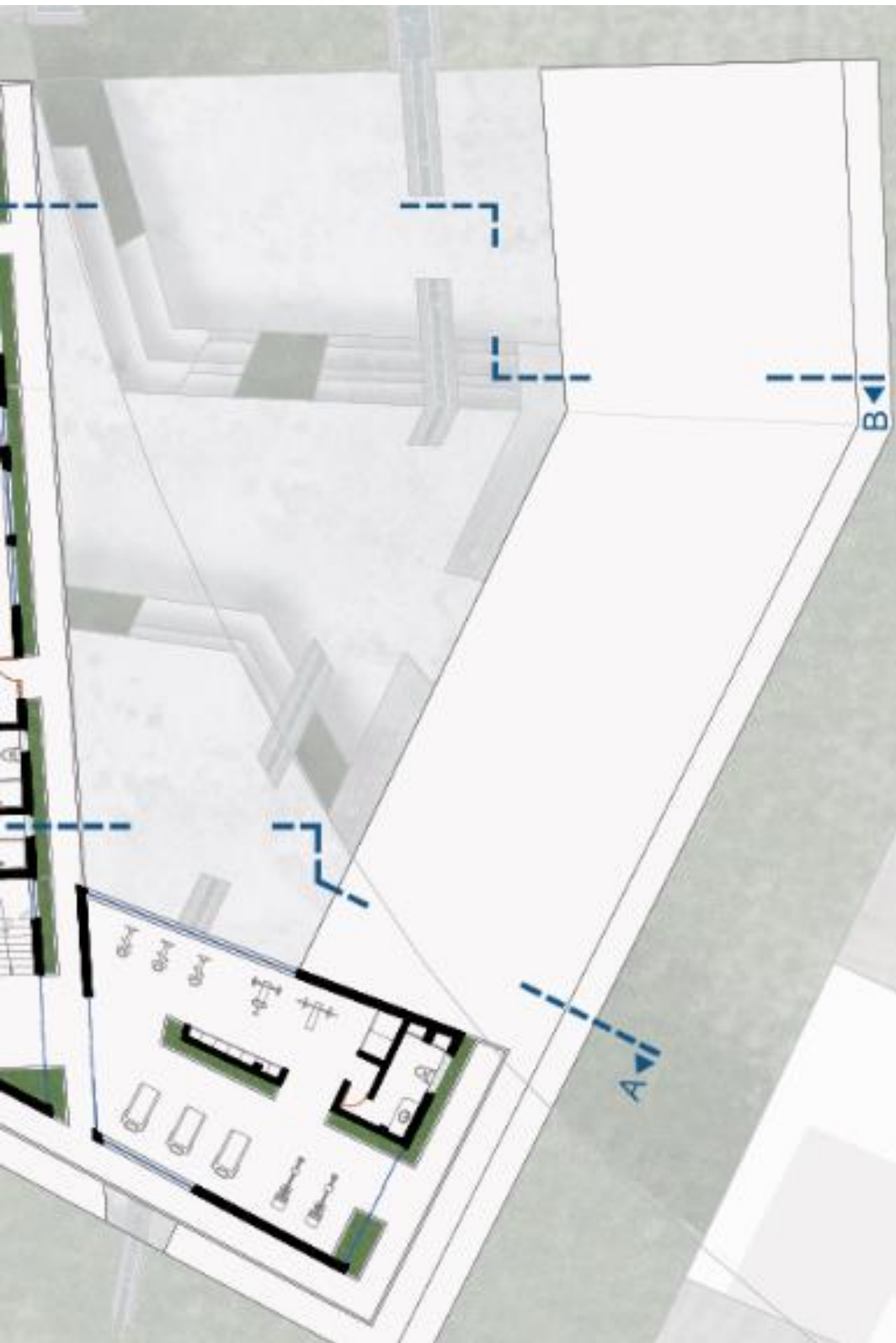
Nel lato in mezzo e destro si trova la Tipologia 3.



B-B

A-A





SECONDO PIANO

Nel lato nord del Secondo Piano si localizza sempre la Tipologia 4.

In mezzo al lato destro, si ubica la tipologia 3, una tipologia per 3 persone (una camera da letto matrimoniale e una camera da letto singola; conta anche con soggiorno, sala da pranzo e cucina, ed ha due bagni.

Nel lato più al sud possiamo vedere che c'è una palestra, per l'uso degli abitanti dell'edificio e del Complesso Residenziale Ecosostenibile.

Tutto l'edificio è a tipologia ballatoio, e prova a inserire il verde che accompagna il percorso del ballatoio, in tutti gli appartamenti e servizi.

5.2.1.2. SEZIONI E PROSPETTI

SEZIONE A-A'



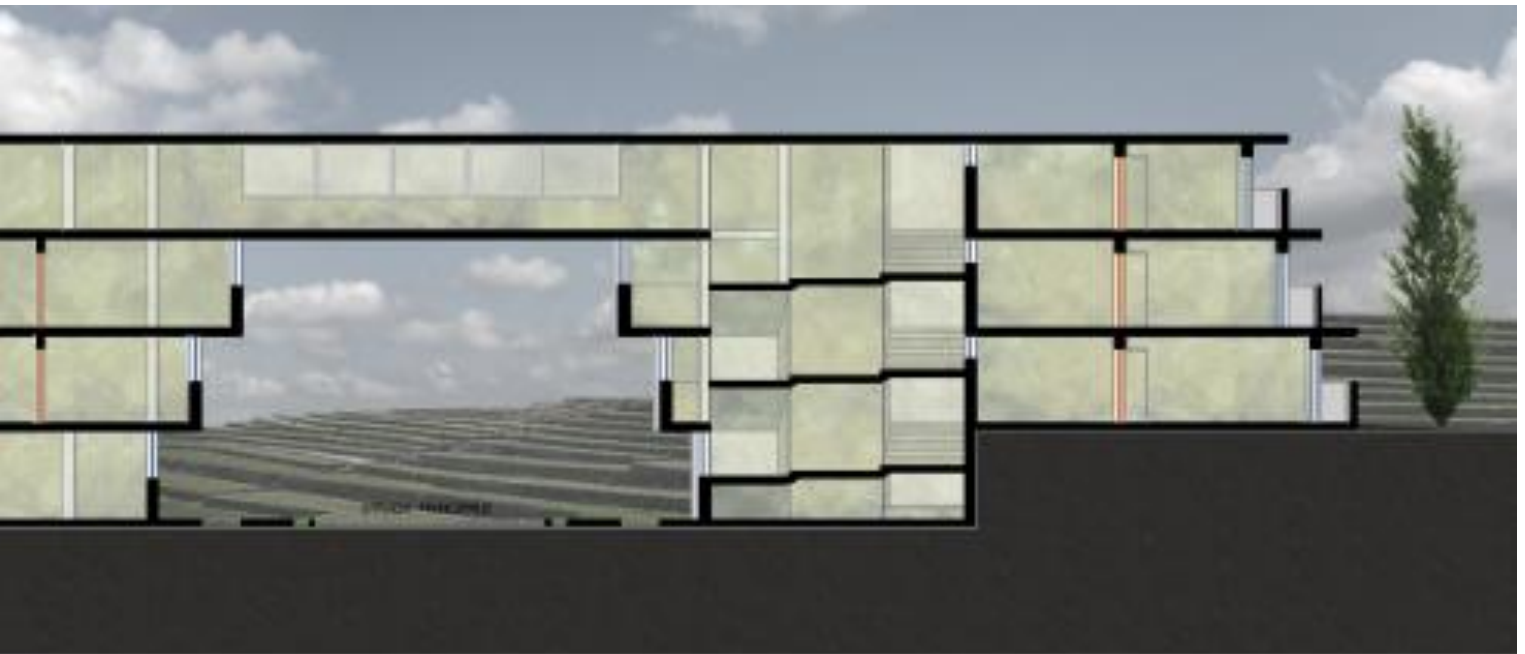
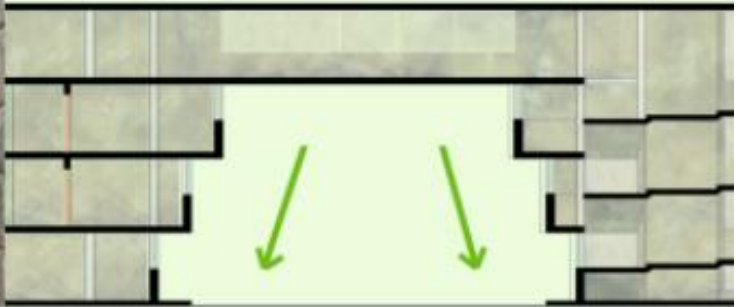
SEZIONE B-B'



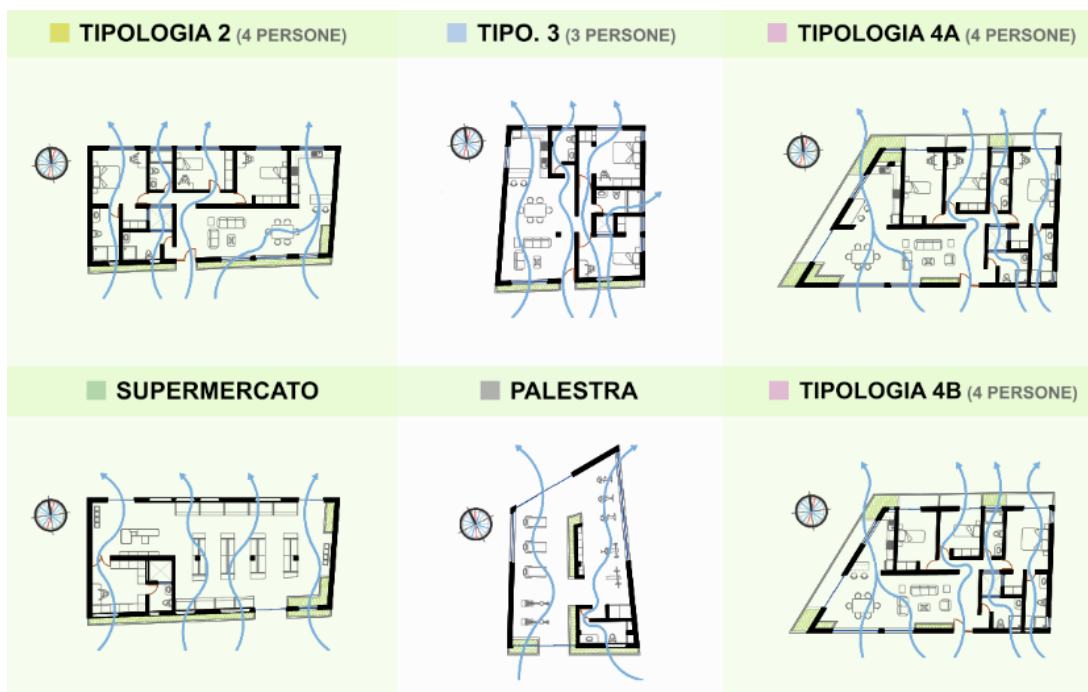


USO DELLA PORTA INCA

LOCALIZZATA DOVE LA STRADA DIVIDE L'EDIFICIO, E DOVE SI CREA UN PONTE NELL'ULTIMO PIANO

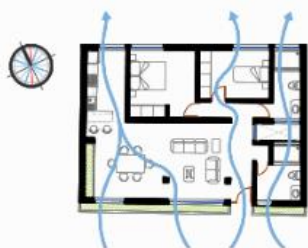


5.2.1.3. ANALISI BIOCLIMATICA

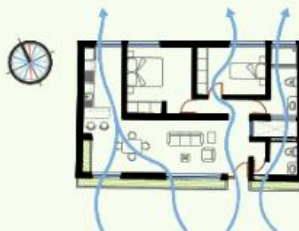


Come si può vedere si è dato priorità alla ventilazione naturale ed anche alla radiazione solare, come elementi climatici da lavorare.

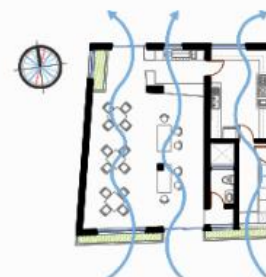




TIPO. 1A (3 PER.)

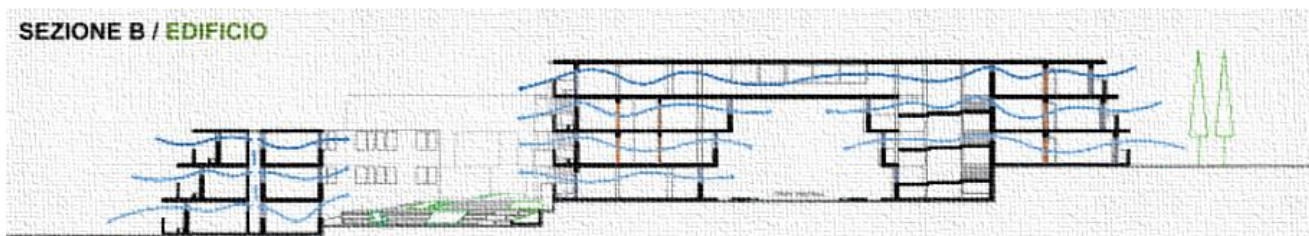


TIPO. 1B (3 PER.)

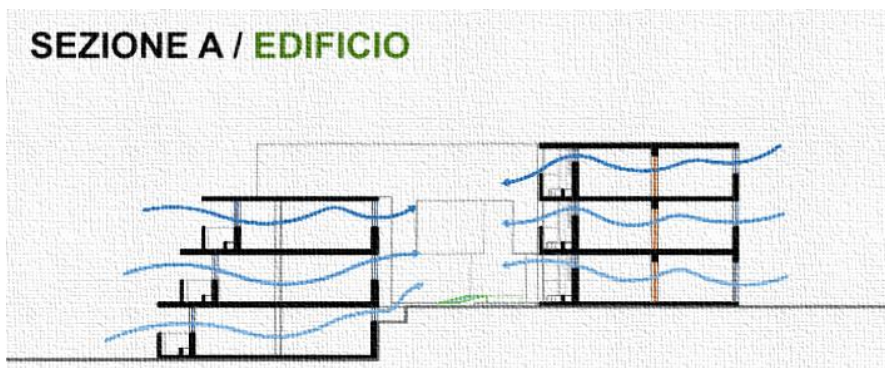


CAFFE / BAR

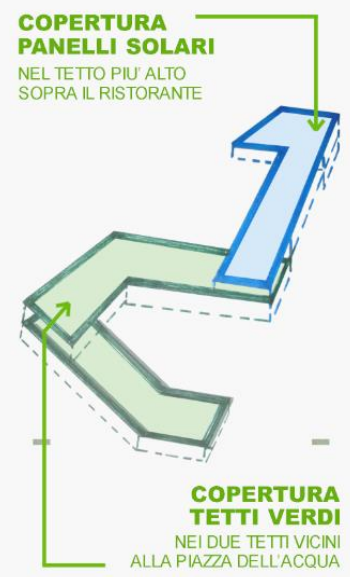
SEZIONE B / EDIFICIO



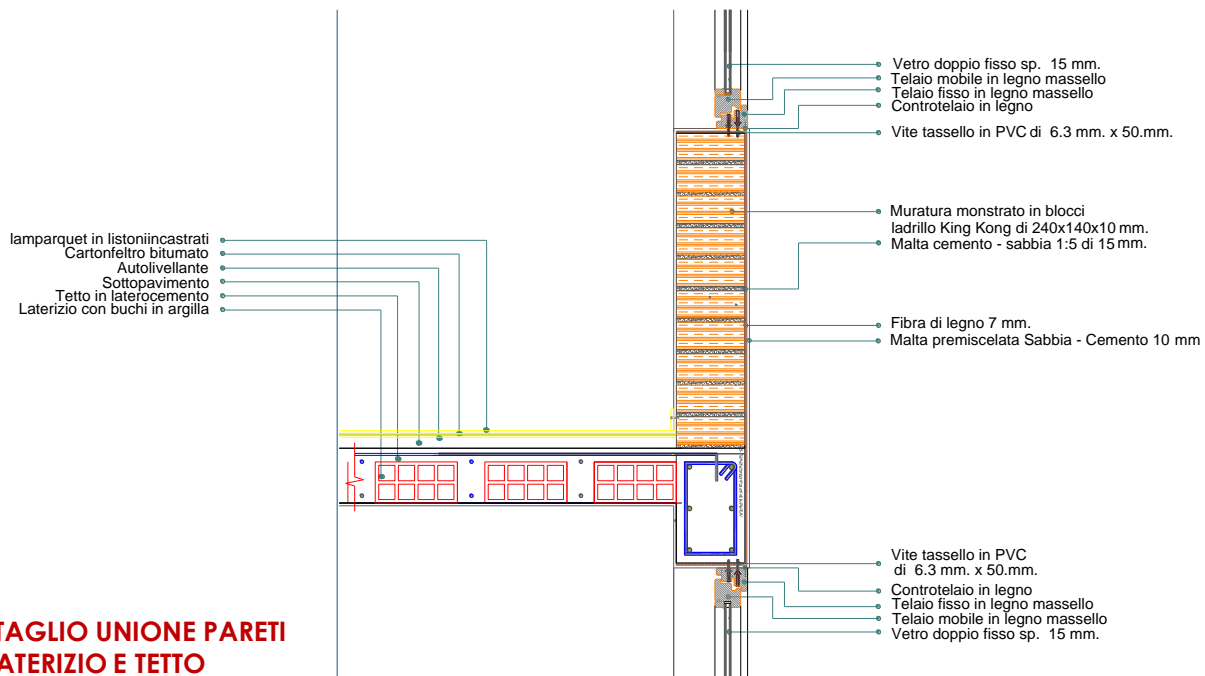
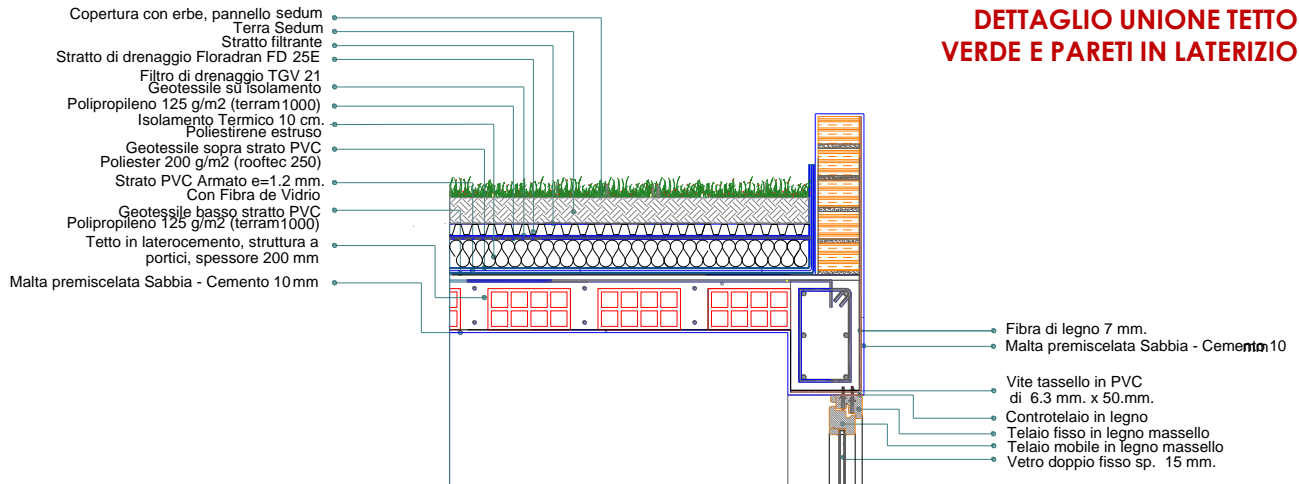
SEZIONE A / EDIFICIO

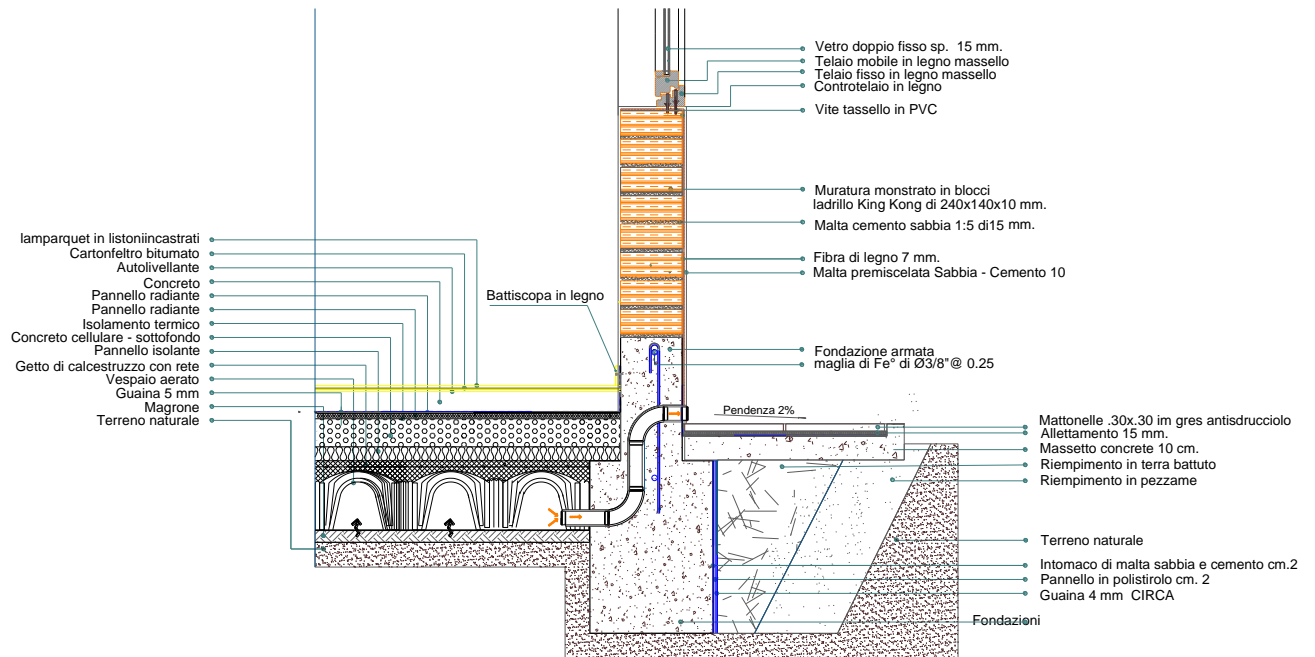


Tutti gli appartamenti e servizi dell'edificio hanno una ventilazione naturale diretta, è per questo che si sono creati spazi provando ad evitare le pareti divisorie, come ad esempio il grande spazio conformato dal soggiorno, sala da pranzo e cucina.



5.2.1.4. DETTAGLI ARCHITETTONICI

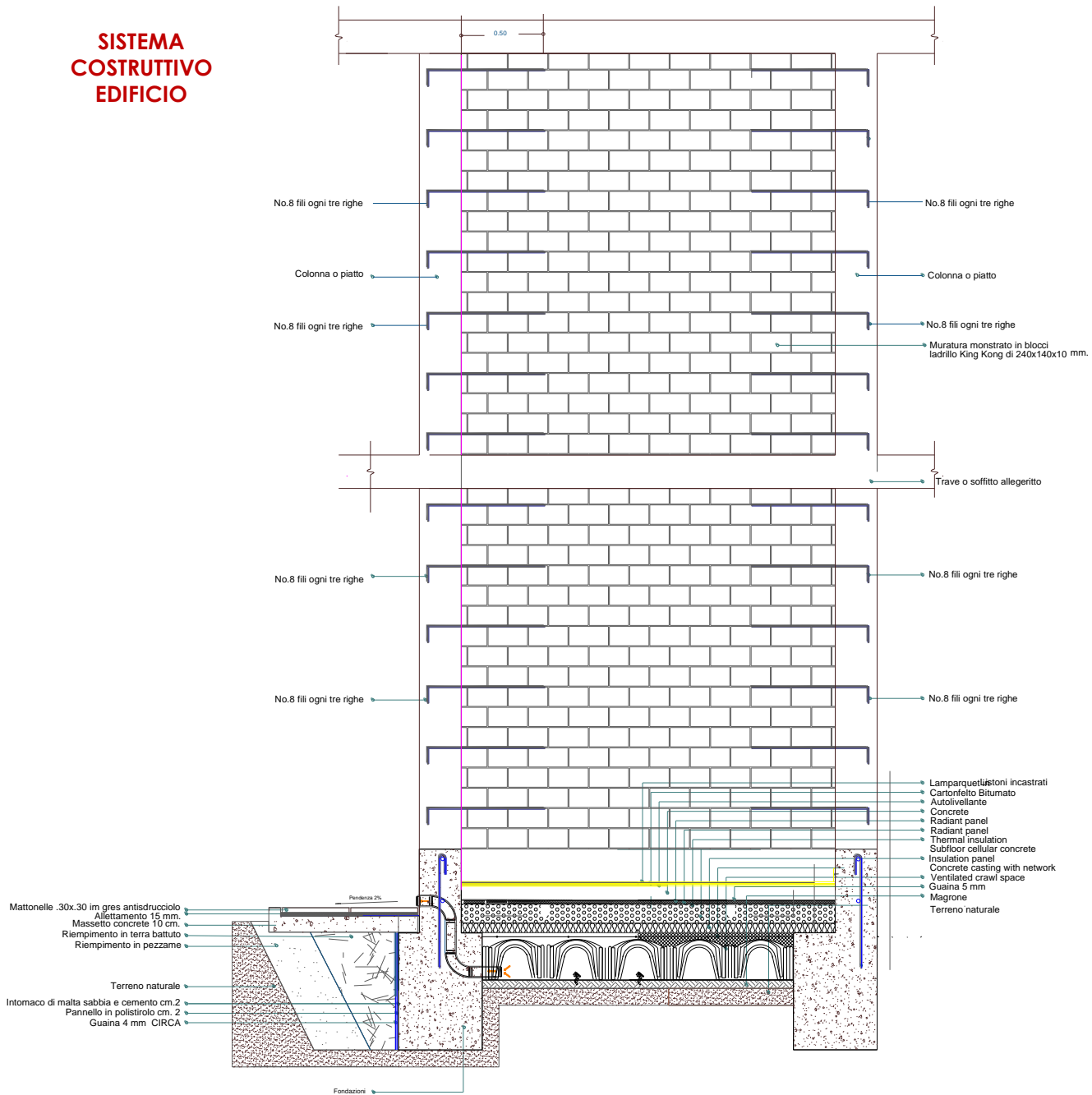




DETTAGLIO FONDAZIONE



SISTEMA COSTRUTTIVO EDIFICIO



5.2.1.5. CALCOLI DELL'ARIA

AIRFLOW RATE FOR IAQ

APPARTAMENTI	ZONA	$q_{r-IAQ(p)}$	N_{occ}	h_{occ}	F_{occ}	q_{r-IAQ}	Area	h	Vol.	ACH _{r-IAQ}
		[m ³ /h*p]	[p]	[h]	[h]	[m ³ /h]	[m ²]	[m]	[m ³]	[1/h]
Appartamento 1	SALA DA PRANZO / CUCINA	27	3	4	0,17	13,50	28,15	2,6	73,18	0,18

AIRFLOW RATE FOR COOLING

APPARTAMENTO	ZONA	$c_a * \rho * (t_i - t_e)$					$c_a * \rho * (t_i - t_e)$
		c_a	ρ	$(t_i - t_e)$			
				t_i	t_e	$(t_i - t_e)$	
		[W/Kg°C]	[m ³ /Kg]	[°C]	[°C]	[°C]	
Appartamento 1	SALA DA PRANZO / KITCHENETTE	0,28	1,2	22,56	16,29	6,27	2,11

H														
H _{int}			FINESTRE	H _{sol}							H _{sol} = Σ(I _{sol,w} *F _{sol,w} *A _w)	H _{sol} +H _{int}	F _{mass}	H = (H _{sol} +H _{int})*F _{mass}
Area	(Area) ²	H _{int}		$(I_{sol,w} * F_{sol,w} * A_w)$										
[m]	[m ²]	[W]		F _{sol,w}	A _w		I _{sol,w}	$(I_{sol,w} * F_{sol,w} * A_w)$						
			[W/m ²]	Orient.	[m]	[m]	[m ²]	[W]	[W]					
28,15	792,30	136,68	F1	0,5	SD	1,70	1,4	2,37	307,51	364,86	1178,00	1314,68	0,5	657,34
			F4	0,5	NE	1,55	1,4	2,17	749,49	813,14				

$q_{r-cool} = H / c_a * \rho * (t_i - t_e)$	Vol	ACH _{r-cool} = q _{r-cool} / Vol
312,02	73,18	4,26



WIND DRIVEN AIRFLOW RATE

VENTO ESTATE	
C_p	
Az_A	207
Dir_V	203
α	4

VENTO INVERNO	
C_p	
Az_A	26
Dir_V	338
α	312

EDIFICIO	ESTATE	INVERNO
h	8,40	6,40
l	26,37	22,84
w	7,92	7,92
h/w	1,06	0,81
l/w	3,33	2,88

C_p (ESTATE)			
FORMULA	α	$\alpha/90$	C_p
A) $-1,2*(\alpha/90)+0,7$	4	0,044	0,6467
B) $-0,2*(\alpha/90)-0,3$	4	0,044	-0,3089
C) $1,4*(\alpha/90)-0,7$	4	0,044	-0,6378
D) $0,6*(\alpha/90)-0,7$	4	0,044	-0,6733

C_p (INVERNO)			
FORMULA	α	$\alpha/90$	C_p
A) $-1,2*(\alpha/90)+0,7$	312	3,467	-3,4600
B) $-0,2*(\alpha/90)-0,3$	312	3,467	-0,9933
C) $1,4*(\alpha/90)-0,7$	312	3,467	4,1533
D) $0,6*(\alpha/90)-0,7$	312	3,467	1,3800

FINESTRA	[m]	[m]	A [m ²]	A ² [m ²] ²	C_d	C_d^2	$C_d^2 * A^2$	$1/C_d^2 * A^2$	$\Sigma (1/C_d^2 * A^2)$
F1	1,70	1,40	2,37	5,63	0,6	0,36	2,03	0,49	6,71
F2	3,13	1,40	4,38	19,19	0,6	0,36	6,91	0,14	
P3	1,20	2,20	2,64	6,97	0,6	0,36	2,51	0,40	
F4	1,55	1,40	2,17	4,71	0,6	0,36	1,69	0,59	
F5	1,90	1,40	2,66	7,08	0,6	0,36	2,55	0,39	
F6	2,10	1,40	2,94	8,64	0,6	0,36	3,11	0,32	
P7	0,85	2,20	1,87	3,50	0,9	0,81	2,83	0,35	
P8	0,83	2,20	1,82	3,33	0,9	0,81	2,70	0,37	
P9	1,10	2,20	2,42	5,86	0,6	0,36	2,11	0,47	
F10	3,05	1,40	4,27	18,24	0,6	0,36	6,57	0,15	
F11	2,72	1,40	3,81	14,48	0,6	0,36	5,21	0,19	
F12	2,00	1,40	2,80	7,84	0,6	0,36	2,82	0,35	
F13	1,65	1,40	2,31	5,34	0,6	0,36	1,92	0,52	
F14	1,07	1,40	1,50	2,24	0,6	0,36	0,81	1,24	
P15	0,85	2,20	1,87	3,50	0,9	0,81	2,83	0,35	
P16	0,85	2,20	1,87	3,50	0,9	0,81	2,83	0,35	



	$V(z_{sm})$	δ_{sm}	Z_{sm}	v_{sm}	δ_{se}	Z_{se}	v_{se}	$(\delta_{sm}/Z_{sm})^{vsm}$	$(Z_{se}/\delta_{se})^{vse}$	$V(z)$ (m/s)
ESTATE	4,27	450	10	0,4	390	7,7	0,34	4,58	0,26	5,15
INVERNO	3,67	450	10	0,4	390	7,7	0,34	4,58	0,26	4,43

	$V(z)$	C_p^+	C_p^-	$C_p^+ - C_p^-$	$\Sigma (1/C_d^2 * A^2)$	$C_p^+ - C_p^- / \Sigma (1/C_d^2 * A^2)$	$\sqrt{C_p^+ - C_p^- / \Sigma (1/C_d^2 * A^2)}$	q_v [m³/h]	$q_{v(h)}$ [m³/h]	A [m²]	V [m³]	ACH _v [1/h]
COOLING (E)	5,15	0,6467	-0,3089	0,9556	6,71	0,14	0,38	1,95	7004,63	154,56	401,85	17,43
HEATING (I)	4,43	-3,4600	-0,9933	-2,4667	6,71	-0,37	0,61	2,69	9672,61	154,56	401,85	24,07

STACK - DRIVEN AIRFLOW RATE

		C_d	A				g	H	T	T_i	T_e	$T_i - T_e$	
			F	[m]	[m]	[m²]							Σ [m²]
SALA DA PRANZO / KITCHENETTE	Heating	0,6	F1	1,70	1,4	2,37	2,27	9,8	1,4	294,77	293	296,53	-3,53
			F4	1,55	1,4	2,17							
	Cooling	0,6	F1	1,70	1,4	2,37	2,27	9,8	1,4	291,01	299	283,02	15,98
			F4	1,55	1,4	2,17							

$(T_i - T_e)/T$	$2 * g * H * ((T_i - T_e)/T)$	$\sqrt{2 * g * H * ((T_i - T_e)/T)}$	q_s	$q_{s(h)}$	Vol			ACH _s
[k]			[m³/s]	[m³/s]	[m²]	[m]	[m³]	[1/h]
-0,01	-0,33	0,57	0,78	2812,51	28,15	2,6	73,18	38,43
0,05	1,51	1,23	1,67	6022,54	28,15	2,6	73,18	82,29

COMBINED AIRFLOW RATE

		$q_{v(h)}$	$q_{v(h)}^2$	$q_{s(h)}$	$q_{s(h)}^2$	$q_{v(h)}^2 + q_{s(h)}^2$	$q_{(h)}$	Vol			ACH
		[m³/h]	[m³/h]²	[m³/h]	[m³/h]²		[m³/h]	[m2]	[m]	[m3]	[1/h]
SALA DA PRANZO / KITCHENETTE	Heating	9672,61	93559384,21	2812,51	7910212,50	101469596,71	10073,21	28,15	2,6	73,18	137,64
	Cooling	7004,63	49064841,44	6022,54	36270988,05	85335829,49	9237,74	28,15	2,6	73,18	126,23

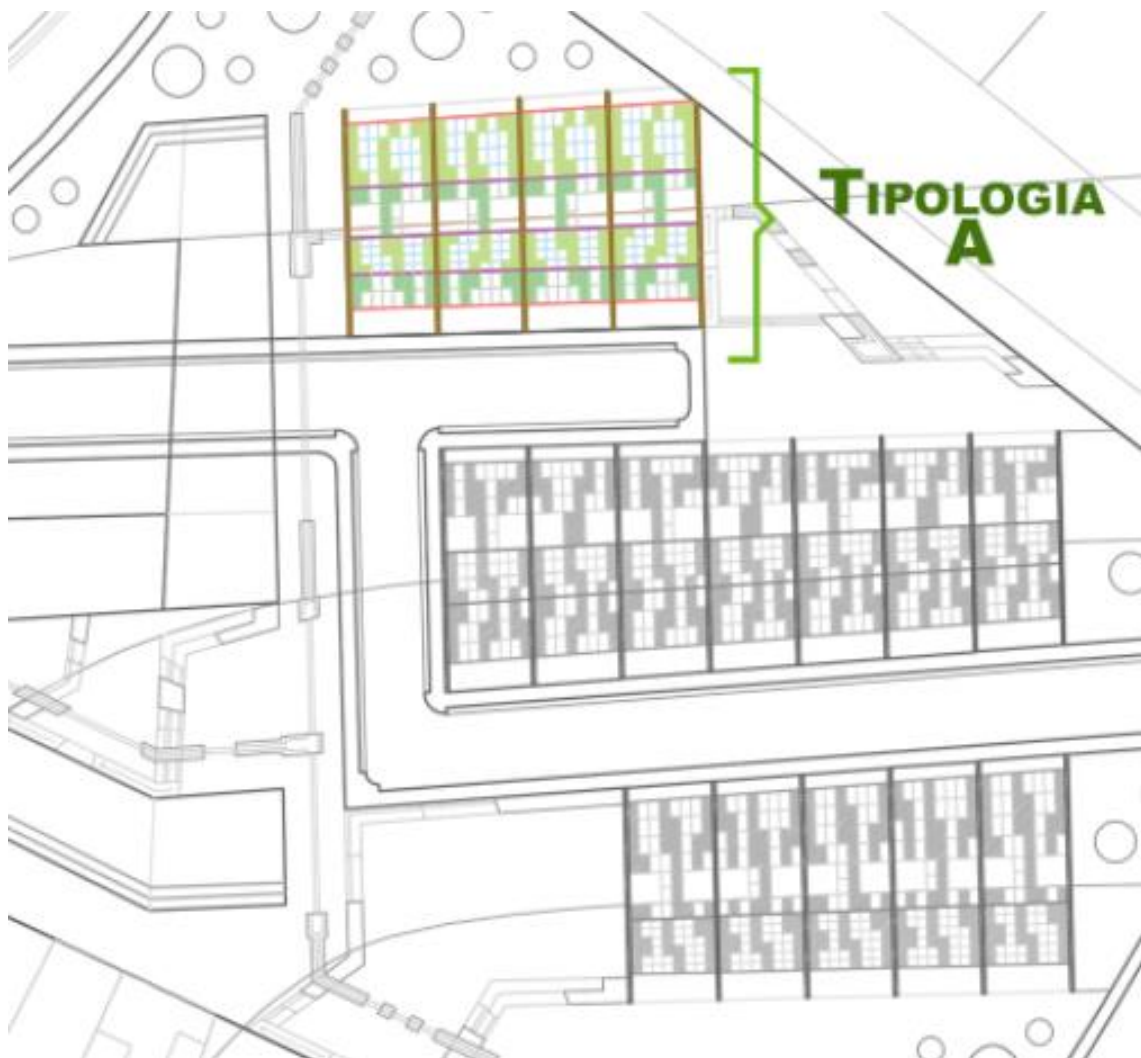
Si verifica che il valore di **qh (10073,21)** e maggiore che il valore di **qr-IAQ (4927,5)** nel corso dell'anno, si verifica anche che **qh-summer (9237,74)** e maggiore a **qr-cool (312,02)**, essendo tutti i valori sufficiente per compiere i requisiti.



5.2.2. Le case

5.2.2.1. TIPOLOGIA A

5.2.2.1.1. LOCALIZZAZIONE RISPETTO AL MASTERPLAN



PIANO TERRA (SC. 1/100)



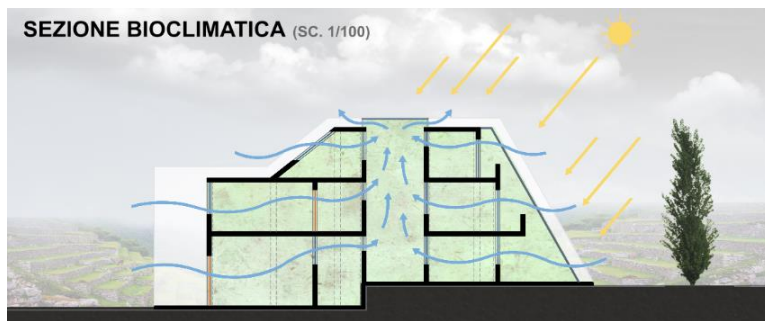
PRIMO PIANO (SC. 1/100)



SEZIONE



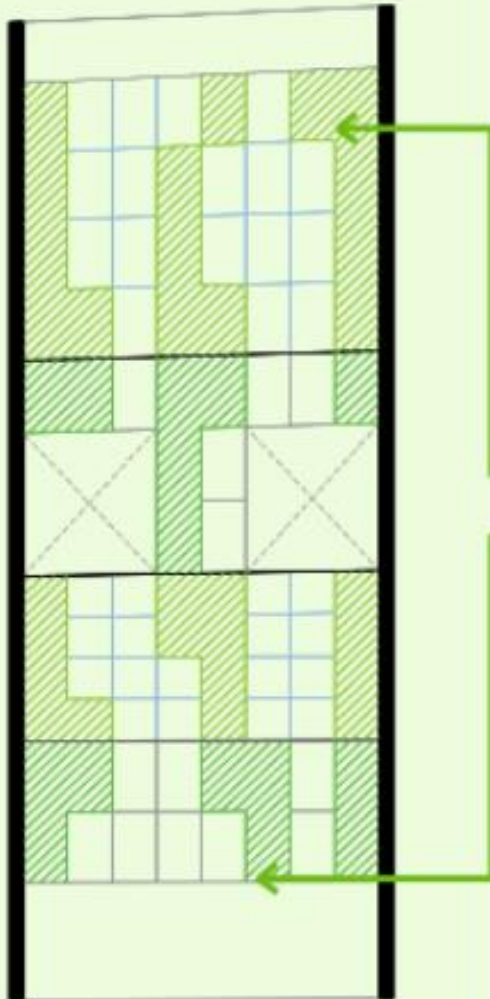
SEZIONE BIOCLIMATICA (SC. 1/100)



SECONDO PIANO (SC. 1/100)



TETTO E FINESTRE



**TRAMA COMPOSTA DA VETRI
E PARETI VERDI**



**TRAMA COMPOSTA DA TETTI
VERDI E PANNELLI SOLARI**

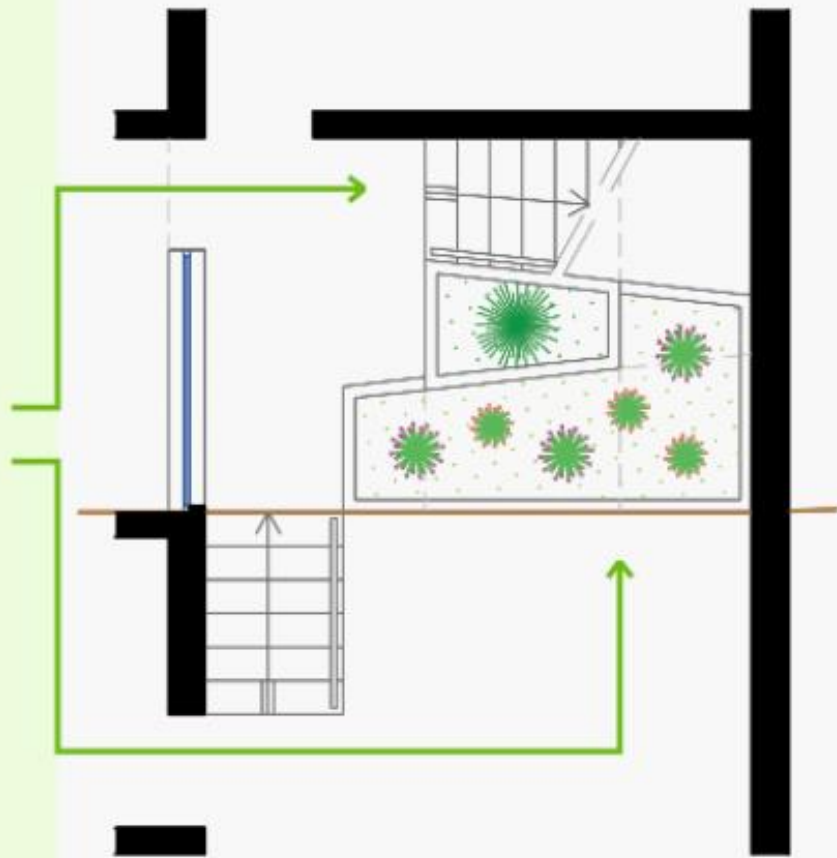


SCALE TRAPEZOIDALI

SCALA CON LA FORMA
DEL TRAPEZIO INCA

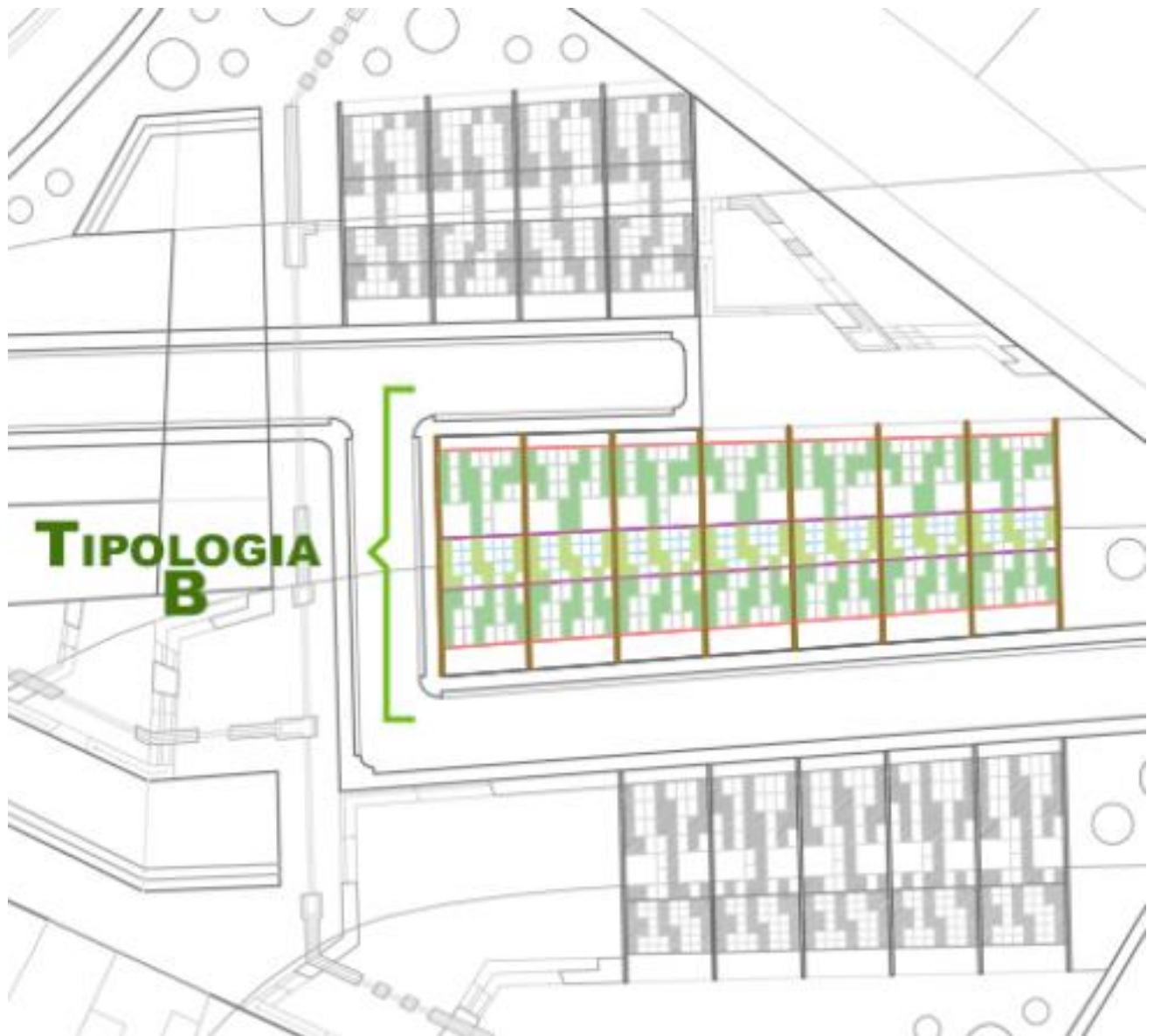


SOGGIORNO CON TER-
RAZZAMENTO INTERIORE



5.2.2.2. TIPOLOGIA B

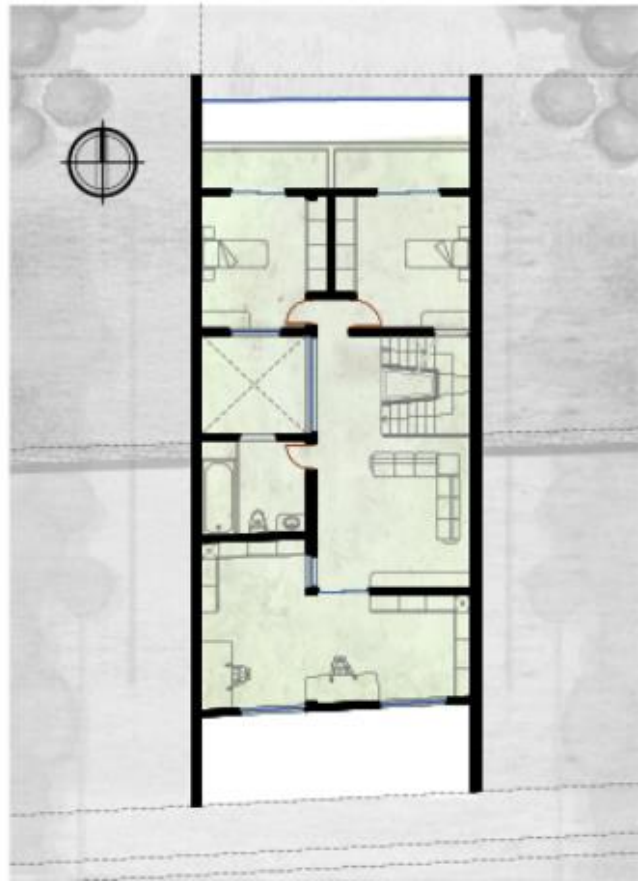
5.2.2.2.1. LOCALIZZAZIONE RISPETTO AL MASTERPLAN



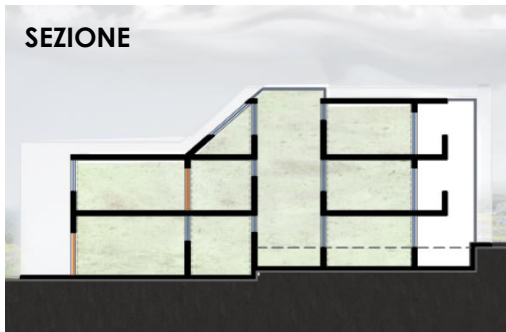
PIANO TERRA (SC. 1/100)



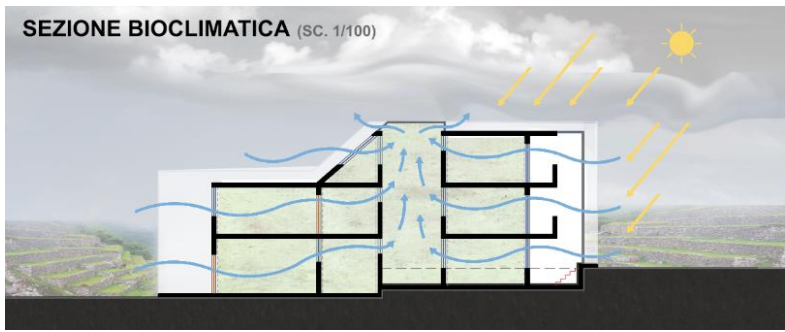
PRIMO PIANO (SC. 1/100)



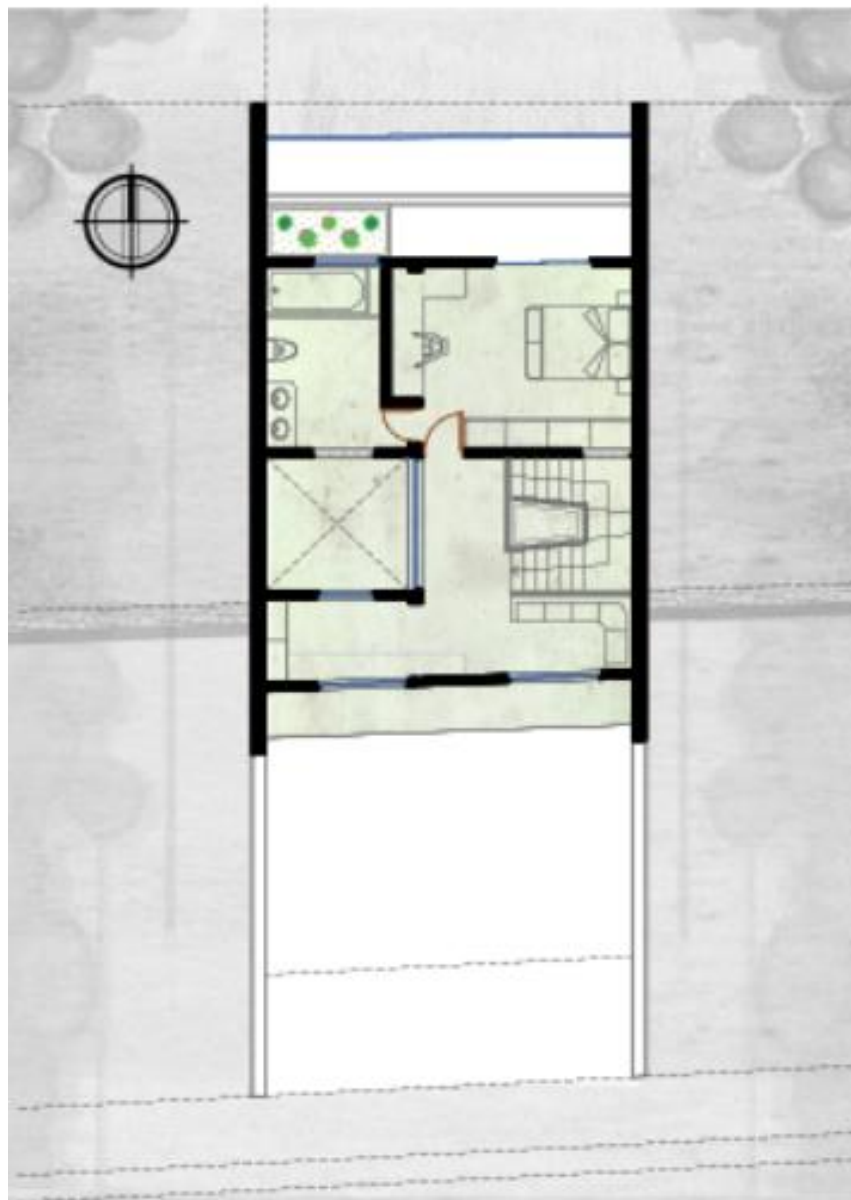
SEZIONE



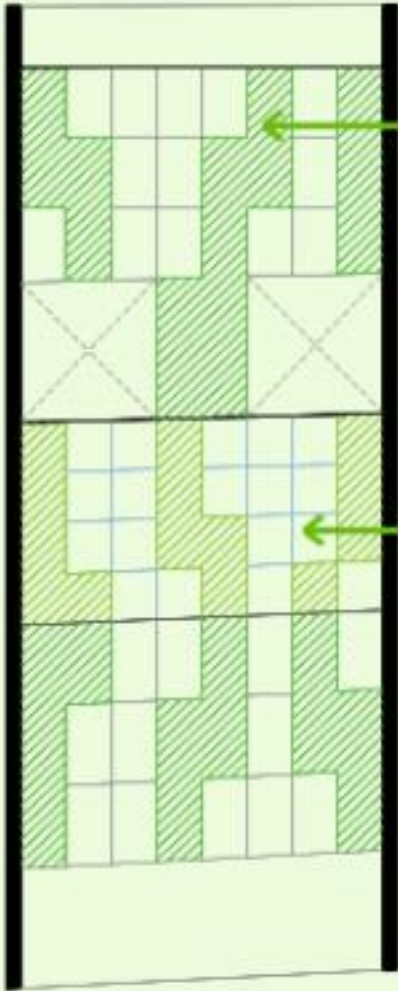
SEZIONE BIOCLIMATICA (SC. 1/100)



SECONDO PIANO (SC. 1/100)



TETTO E FINESTRE



TRAMA COMPOSTA DA TETTI
VERDI E PANNELLI SOLARI



TRAMA COMPOSTA DA VETRI
E PARETI VERDI

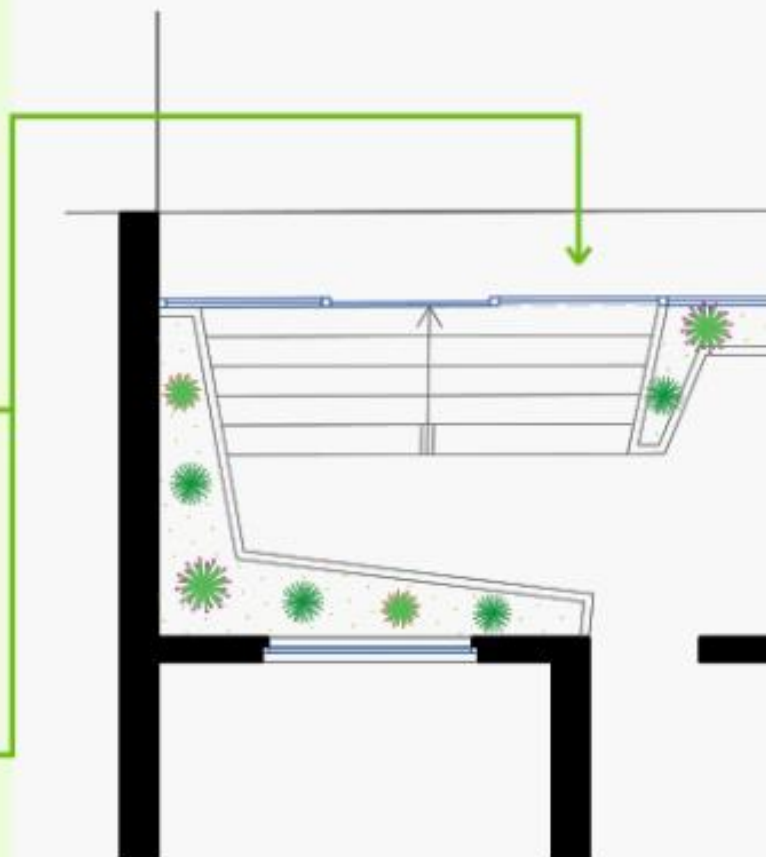


FIORIERE TRAPEZOIDALI

A DESTRA: FIORIERE A
FORMA DI TRAPEZIO

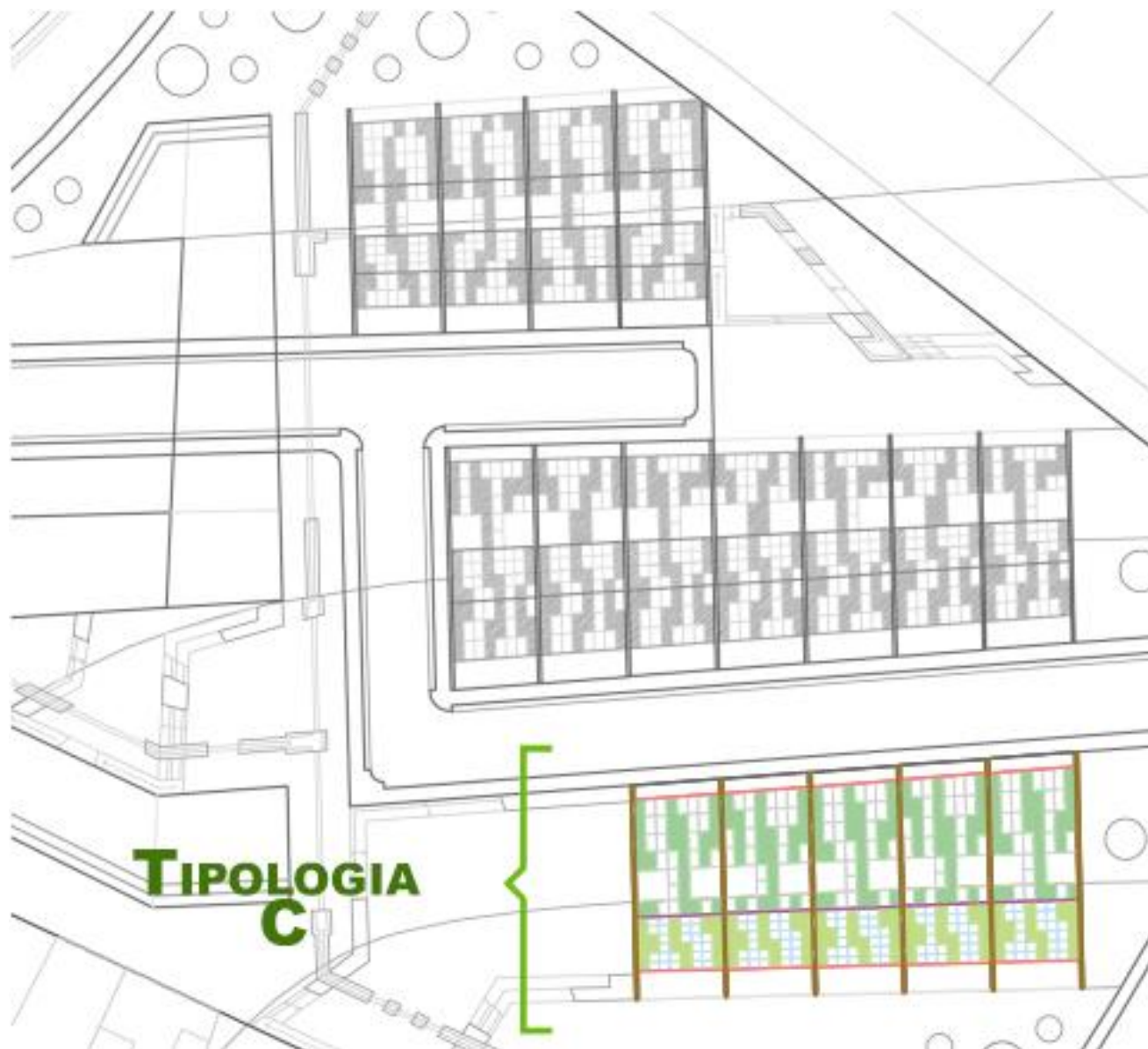


SOPRA: USO DEL TRA-
PEZIO IN PIAZZE



5.2.2.3. TIPOLOGIA C

5.2.2.3.1. LOCALIZZAZIONE RISPETTO AL MASTERPLAN



PIANO TERRA (SC. 1/100)



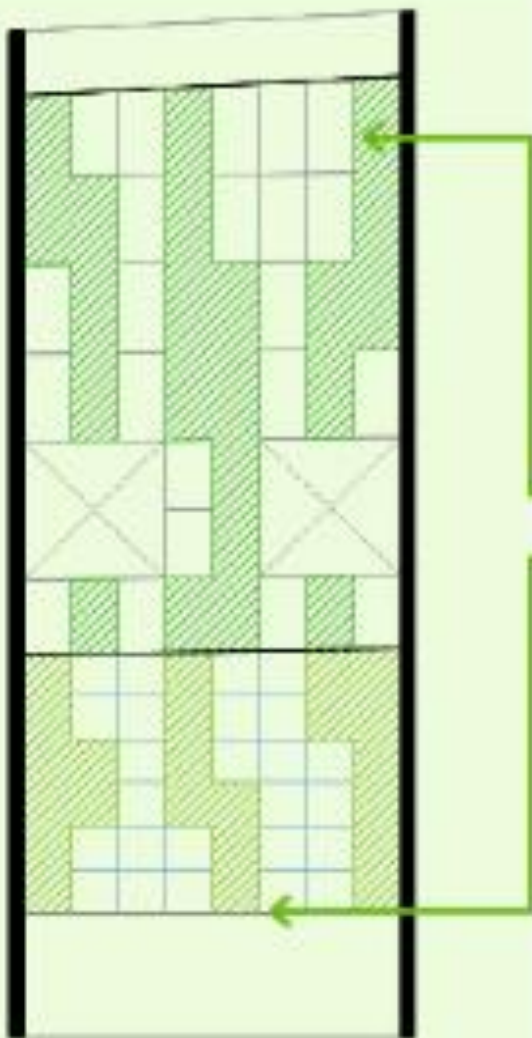
PRIMO PIANO (SC. 1/100)



TIPOLOGIA C



TETTO E FINESTRE



TRAMA COMPOSTA DA TETTI
VERDI E PANNELLI SOLARI



TRAMA COMPOSTA DA VETRI
E PARETI VERDI

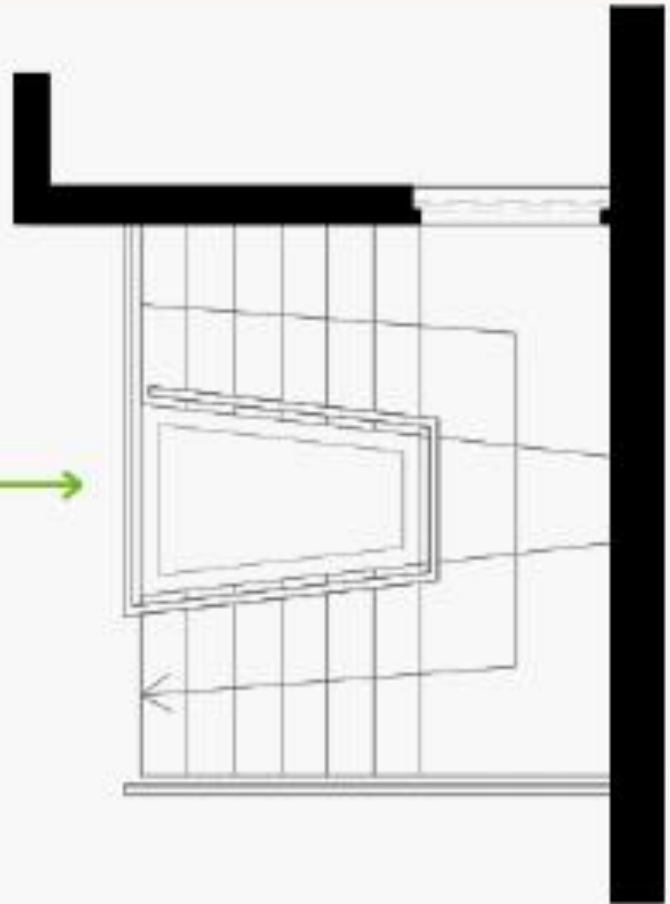


SCALE TRAPEZOIDALI

PORTA A TRAPEZIO USATA
NELLA CULTURA INCA



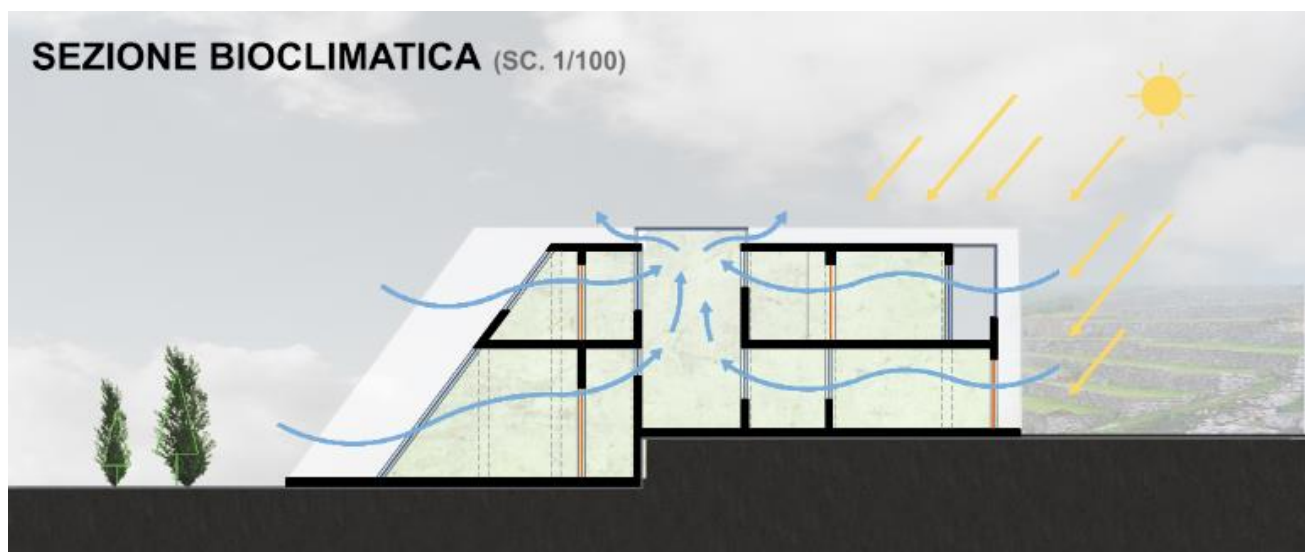
COSTRUZIONI INCA DOVE SI
VEDE L'USO DELLA DIAGONALE



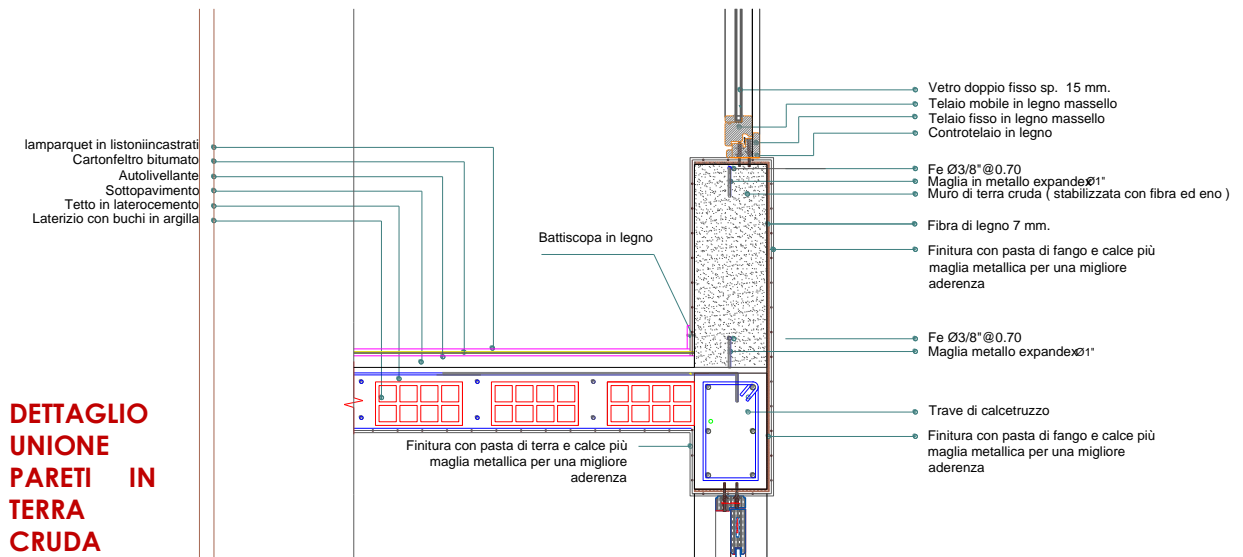
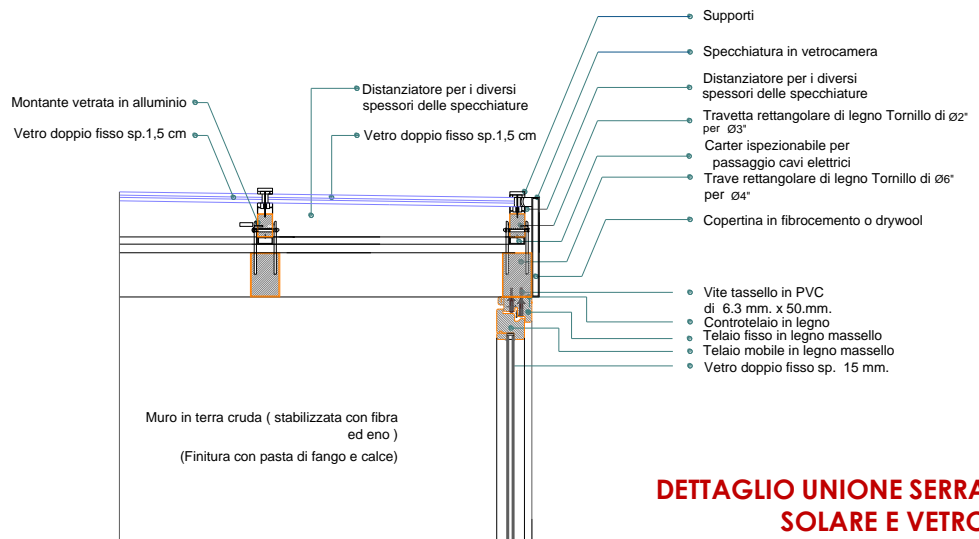
SEZIONE

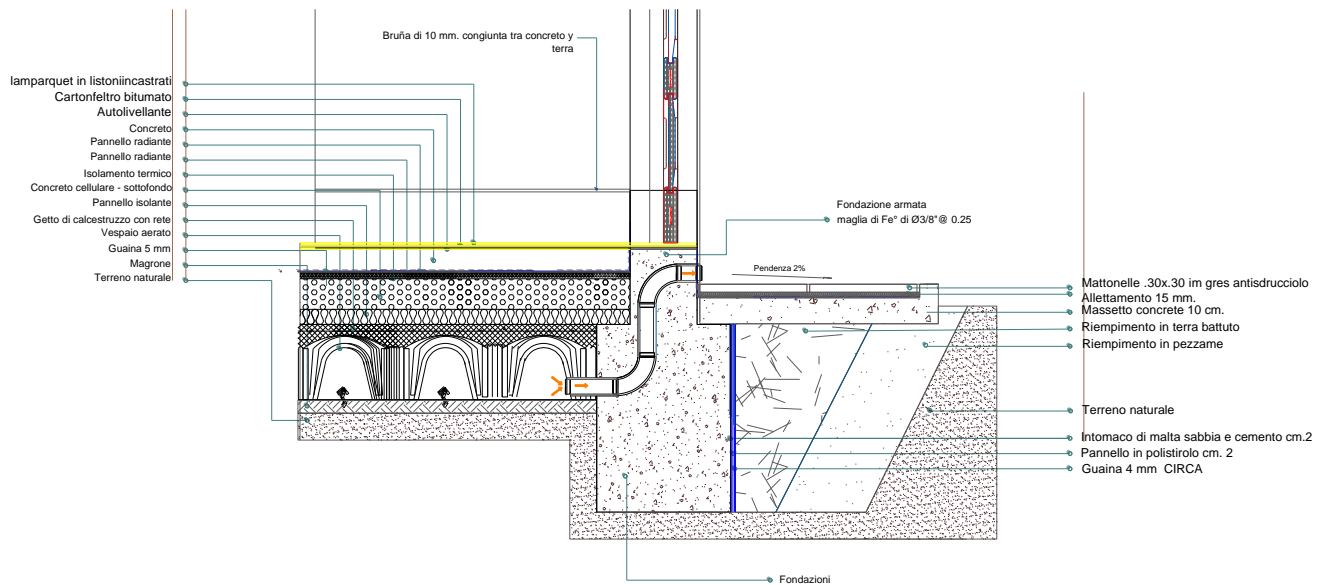


SEZIONE BIOCLIMATICA (SC. 1/100)

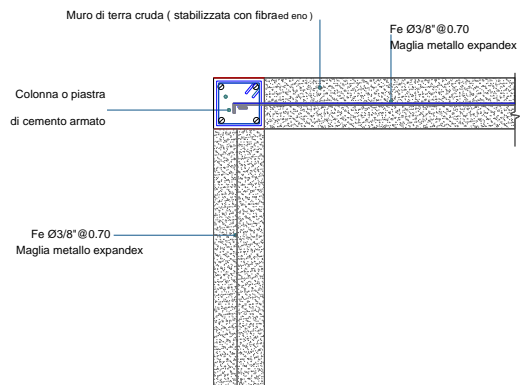


5.2.2.4. DETTAGLI ARCHITETTONICI



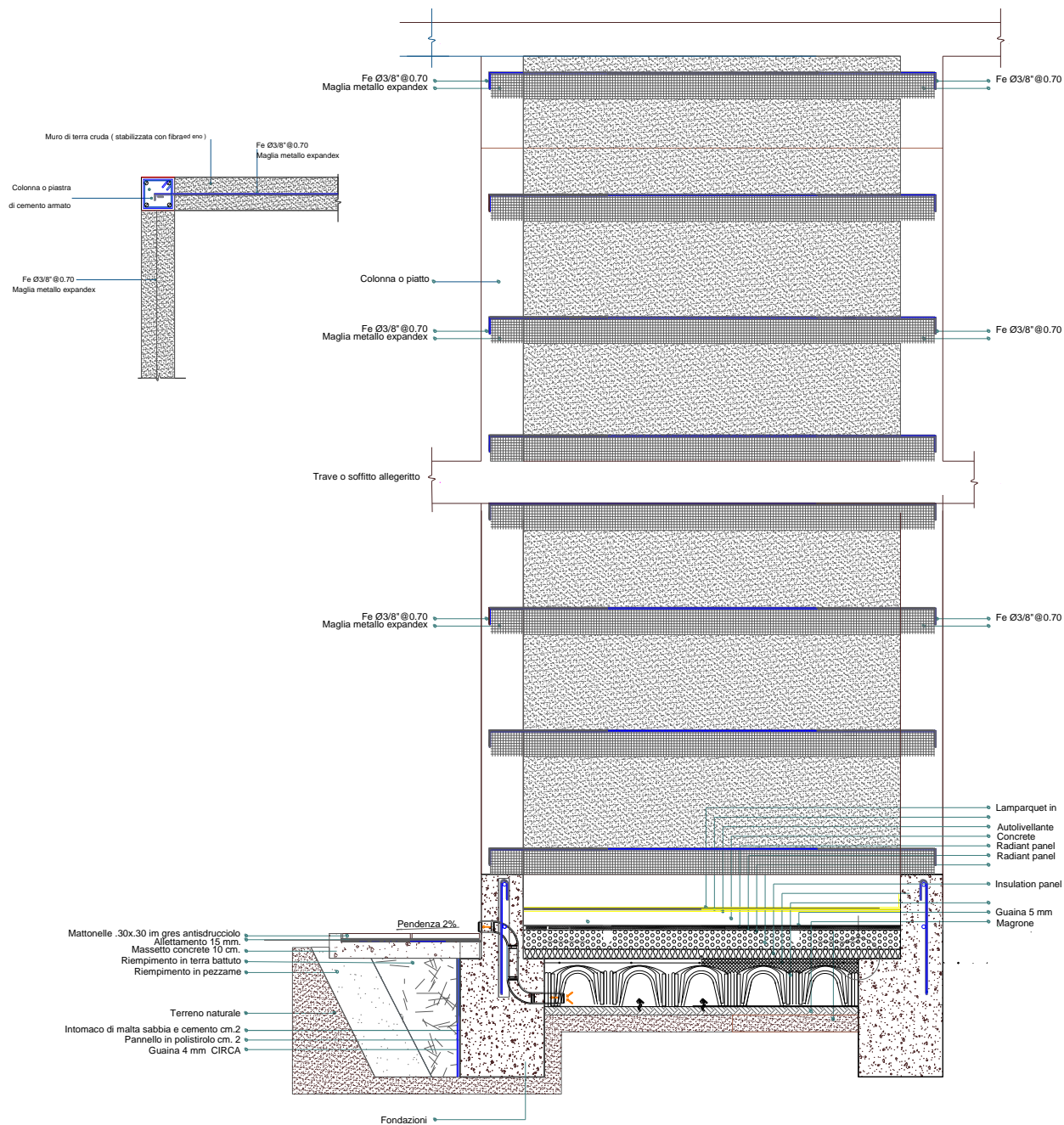


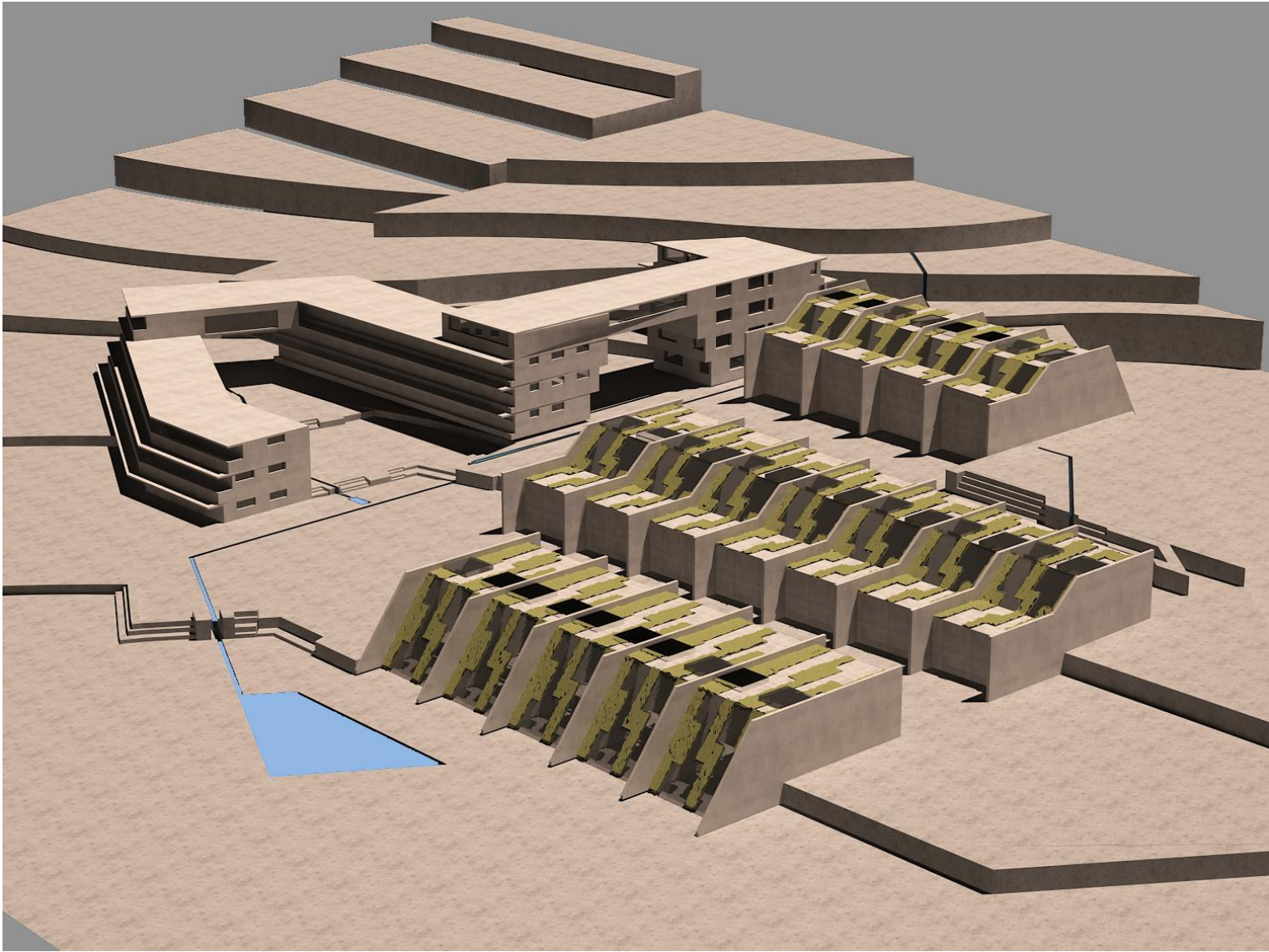
DETTAGLIO FONDAZIONE



DETTAGLIO UNIONE TERRA CRUDA Y STRUTTURA IN C.A.







CONCLUSIONI

La progettazione di un complesso residenziale ecosostenibile, in un contesto in cui tradizionalmente la cura e l'attenzione per l'ambiente non sono ancora una priorità, ha servito per determinare i principali fattori climatici da tener in conto per la costruzione di abitazioni residenziali e nell'urbanistica della zona, contribuendo con cominciare a creare una cultura sostenibile nella società.

Secondo lo studio climatico fatto si può dire che i due fattori più influenti che possono essere ottimamente sfruttati nella città di Arequipa, sono la radiazione solare e il vento. Dopodiché si arriva alla conclusione di determinare quali sono le strategie sostenibili più adatte al clima della città, e vengono in considerazione:

*L'uso di pannelli solari, dato che i valori di radiazione solare nella città sono abbastanza alti per determinare un buon funzionamento di essi.

*L'uso della ventilazione naturale diretta, in qualsiasi delle sue forme (incrociata o camino), visto che si tratta di un vento freddo che riesce a ventilare gli spazi interni in modo soddisfacente, conservando freschi gli ambienti durante i mesi con più alte temperature.

* La applicazione della serra solare, orientata a nord (emisfero sud), per poter conservare il calore e trasmetterlo alle altre stanze, giacché durante l'anno la temperatura continuamente è alta la mattina ma scende fino ai 10/12 gradi la sera.

* L'uso di tetti verdi, per poter mantenere una temperatura ottimale durante l'inverno e raffrescare l'ambiente sottostante in estate.

Finalmente si conclude con considerando rivalutare l'architettura Inca, prendendo alcuni dei suoi parametri e rimettendoli nell'architettura moderna. Gli Incas nella sua epoca riuscivano già a progettare in armonia con la natura e di maniera sostenibile, bisogna saper imparare di loro e determinare che strategie possono essere utilizzati nell'attualità.

