SPRITZ BETON
Calcestruzzo proiettato per la galleria svizzera

PROJECT MANAGEMENT
Metodi di analisi
Whole life costing

AMBIENTE E TERRITORIO
L'uso sostenibile delle risorse idriche

IL NUOVO
Cantiere

MENSILE - ANNO XLVIII
NUMERO 2 - APRILE 2014
€ 3,90

www.ilnuovocantiere.it

Bim e cantiere
Intelligenza dinamica

Rivestimenti
Laterizio a pasta molle con finitura sabbiata

EDILIZIA MUSEALE | MILANO

La Città delle Culture

ROCKSOIL | L'ECCELLENZA DELL'INGEGNERIA ITALIANA PER LE INFRASTRUTTURE RUSSE

tecniche nuove Via Eritrea 21, 20157 Milano. ISSN 0029-6325 - Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in abbonamento postale - D.L. 353/2003 (conv. in 27/02/2004 n. 46) art.1, comma 1, DCB Milano

di Bruno Clemente

Prefabbricazione e basso impatto ambientale

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

Grupo Arquidecture (4A Arquitectos) è uno studio diretto dagli architetti Ricardo Combaluzier, William Ramírez e Josefina Rivas, che si propone di offrire un servizio completo sia sulla scala edilizia che su quella urbanistica.

Arch. Ricardo Columbazier

Arch. William Ramirez

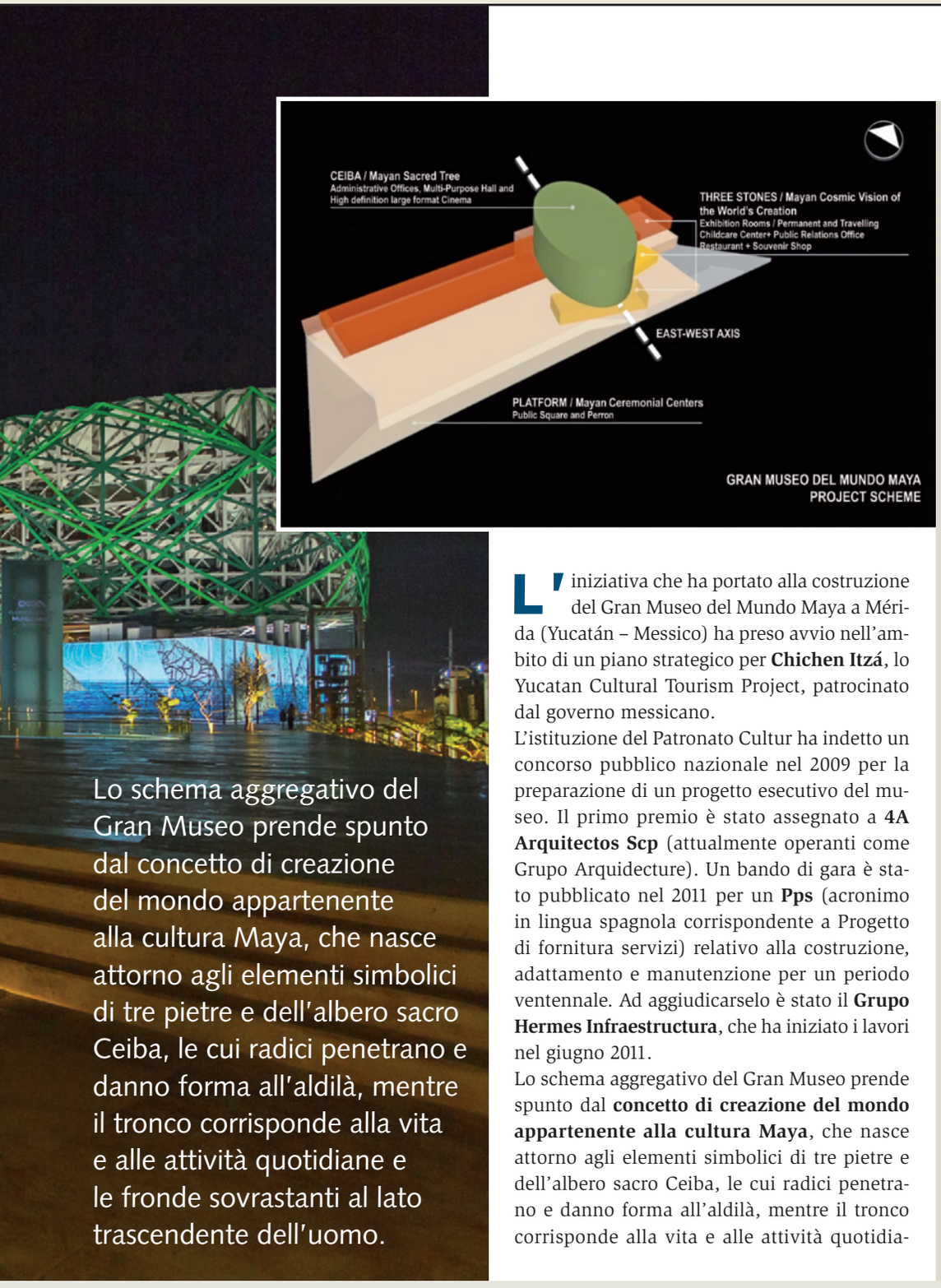
Arch. Josefina Rivas

L'origine risale al 2005, quando il collettivo è stato fondato col nome di 4A Arquitectos, per evolvere nel corso degli anni successivi sulla base dell'esperienza accumulata e delle mutate esigenze della società contemporanea.

Lo studio ha completato realizzazioni in vari stati del Messico come Yucatan, Quintana Roo, Campeche, Tabasco, Guerrero, Queretaro, Stato del Messico, Jalisco, Nuevo Leon, Sinaloa, Baja California e Città del Messico. Tra gli interventi più rilevanti figurano, oltre al Museo Maya, l'Hospital de la Amistad Corea-México, la Canadevi Delegación Yucatán, la Casa de los Venados.

Tra i riconoscimenti ottenuti dallo studio vi è quello ricevuto per tre anni consecutivi all'interno della graduatoria «Diez Despachos» della rivista «Obras», concepita per premiare con cadenza annuale i migliori studi messicani per meriti suddivisi in varie categorie.

Nel 2011 Grupo Arquidecture è risultato vincitore per la sua capacità di formare talenti, nel 2012 per la soddisfazione del cliente e l'anno successivo per la sostenibilità delle sue realizzazioni.



Lo schema aggregativo del Gran Museo prende spunto dal concetto di creazione del mondo appartenente alla cultura Maya, che nasce attorno agli elementi simbolici di tre pietre e dell'albero sacro Ceiba, le cui radici penetrano e danno forma all'aldilà, mentre il tronco corrisponde alla vita e alle attività quotidiane e le fronde sovrastanti al lato trascendente dell'uomo.

L'iniziativa che ha portato alla costruzione del Gran Museo del Mundo Maya a Mérida (Yucatán – Messico) ha preso avvio nell'ambito di un piano strategico per **Chichen Itzá**, lo Yucatan Cultural Tourism Project, patrocinato dal governo messicano.
L'istituzione del Patronato Cultur ha indetto un concorso pubblico nazionale nel 2009 per la preparazione di un progetto esecutivo del museo. Il primo premio è stato assegnato a **4A Arquitectos Scp** (attualmente operanti come Grupo Arquidecture). Un bando di gara è stato pubblicato nel 2011 per un **Pps** (acronimo in lingua spagnola corrispondente a Progetto di fornitura servizi) relativo alla costruzione, adattamento e manutenzione per un periodo ventennale. Ad aggiudicarselo è stato il **Grupo Hermes Infraestructura**, che ha iniziato i lavori nel giugno 2011.
Lo schema aggregativo del Gran Museo prende spunto dal **concetto di creazione del mondo appartenente alla cultura Maya**, che nasce attorno agli elementi simbolici di tre pietre e dell'albero sacro Ceiba, le cui radici penetrano e danno forma all'aldilà, mentre il tronco corrisponde alla vita e alle attività quotidiane e le fronde sovrastanti al lato trascendente dell'uomo.

IL CANTIERE

GRAN MUSEO DEL MUNDO MAYA

Collocazione geografica: Mérida, Estado de Yucatán – Messico.

Committente: Patronato De Las Unidades De Servicios Culturales Y Turisticos Del Estado De Yucatán – Gobierno Del Estado De Yucatán

Investitori (Ppp): Promotora de Cultura Yaxché, Grupo Hermes Infraestructura

Progettazione architettonica: Grupo Arquidecture – 4A Arquitectos (arch. Ricardo Combaluzier, arch. Enrique Duarte, arch. William Ramírez, arch. Josefina Rivas)

Team architetti: Luis De La Rosa, Alma Villicaña, Carlos Guardián, Mariana Farfán, Julio Rosas, Aída Ordóñez, Fabián Rosas, Ricardo Combaluzier

Progettazione strutturale: ing. Rodolfo Pascacio

Progettazione impianto elettrico: ing. Rafael Sánchez

Progettazione impianto idraulico: ing. Sergio Villalobos

Sistema Hvac: ing. Pedro Ponce

Cemento armato precompresso: ing. Enrique Escalante, ing. Javier González

Landscaping: arch. Tania Domínguez

Supervisore alla costruzione: Ripisa – ing. Roberto Iglesias (Ceo), arch. Nadia Arely Ramírez (coordinamento generale)

Costruzione: Compañía Constructora La Peninsular, Idimsa (Ingeniería Y Desarrollo Inmobiliario De México) – ing. Ariel Medina (Ceo), ing. Luis Monforte (soprintendente)

Fornitori attrezzature: Compañía Constructora La Peninsular, Grupo Hermes Infraestructura

Superficie calpestabile: 22.600 mq

Superficie edificata: 34.121 mq

Slp: 11.800 mq

PROGETTAZIONE STRUTTURALE

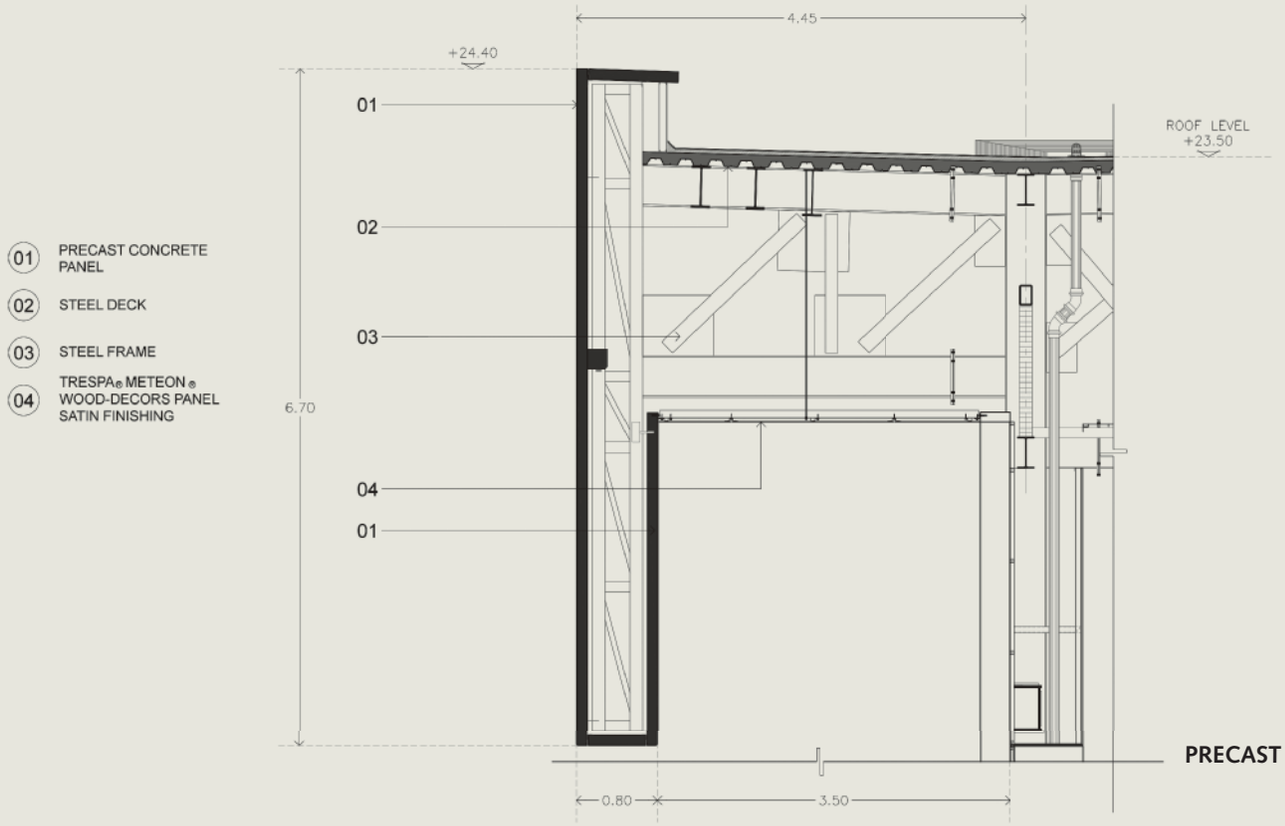
Rodolfo José Pascacio ha studiato presso l'Instituto Tecnológico de Mérida e nel 1990 ha ottenuto il titolo di Ingegnere Civile. Ha lavorato nello studio di ingegneria e costruzione Carlos Moreno Hijuelos, redatto pratiche estimative e collaborato in qualità di Project Engineering Specialist con Siconstru Sa de Cv, e ricoperto l'incarico di Engineering Manager presso Perfiles Cominsa Sa de Cv. Diventato Ceo della società Proyecto y Diseño Estructural Pde nel 1990 e membro della Società Messicana di Ingegneria Strutturale nel 2000, ha collaborato con alcuni dei maggiori studi di architettura messicani, tra cui Gantus Arquitectos, Carlos Herrera Arquitectos, Augusto Quijano Arquitectos, JC Zoreda Arquitectos, Muñoz Arquitectos, Duarte Aznar Arquitectos, Ramírez Arquitectos e Grupo Arquidecture. Tra le numerose collaborazioni figura anche quella con il governo statale dello Yucatán.

Ing. Rodolfo Pascacio

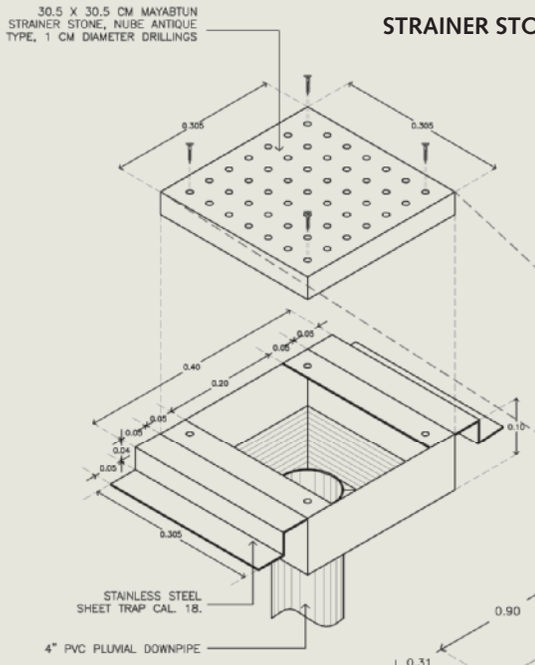
COSTRUZIONE

Idimsa (Ingeniería Y Desarrollo Inmobiliario De México) è un'impresa di costruzioni con esperienza ventennale, che ha partecipato alla costruzione di spazi culturali e contribuito a varie iniziative immobiliari nel Messico sud-orientale. Tra le principali realizzazioni portate a termine dalla compagnia, in cui sono risultati decisivi il coinvolgimento diretto e l'esperienza del Ceo, Ing. Ariel Medina, figurano, oltre al Gran Museo del Mundo Maya, la Procuraduría General de Justicia del Estado de Yucatán, il Centro de Convenciones y Exposiciones «Yucatán Siglo XXI» e l'Hospital Regional de Alta Especialidad de Mérida.

Ing. Ariel Medina (Idimsa)



PRECAST CONCRETE



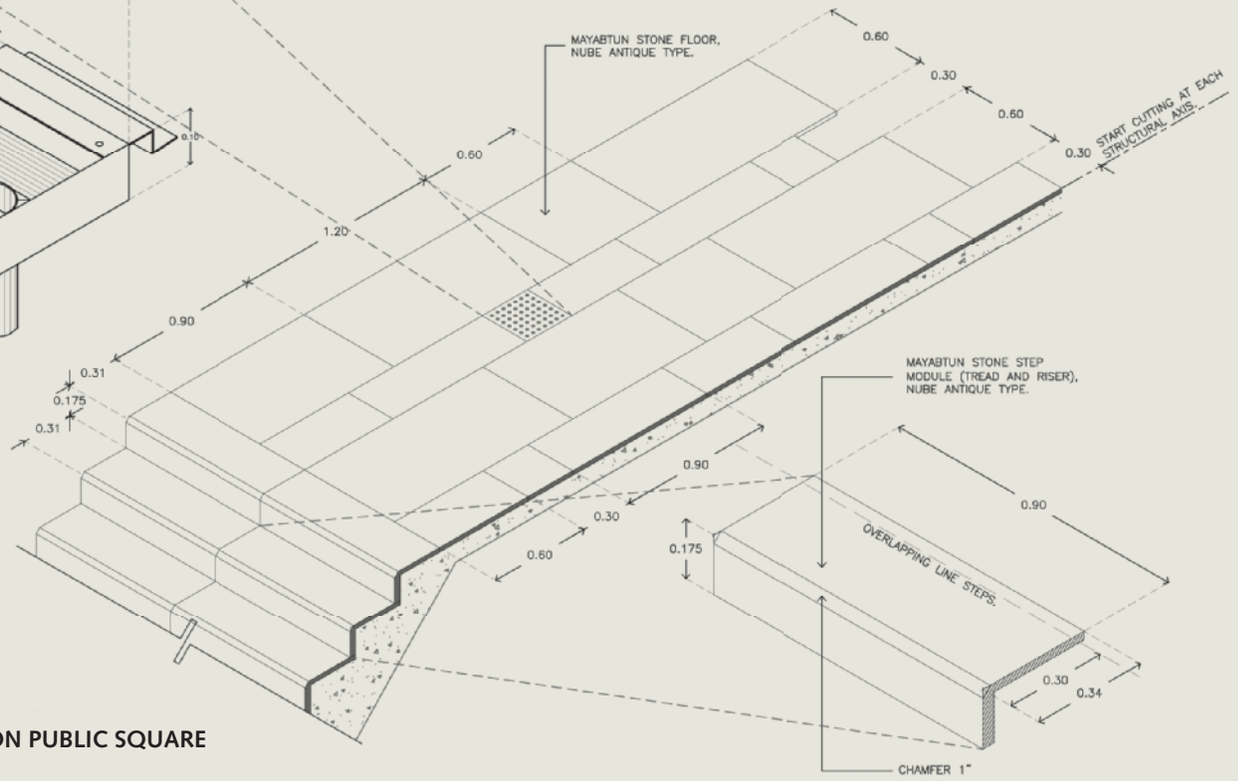
STRAINER STONE

STONE FLOOR PLACEMENT CRITERIA:

1) ALL JOINTS BETWEEN FLOOR PIECES MUST BE WITHOUT MORTAR

2) THE MINIMUM DIFFERENCE BETWEEN 2 CONSECUTIVE PIECES ON THE SAME ROW MUST BE 30CM.

3) THERE MUST BE NO COINCIDENCE BETWEEN JOINTS OF 2 PARALLEL PIECES (ROWS). THE MINIMUM OVERLAP BETWEEN PARALLEL PIECES MUST BE 30CM.

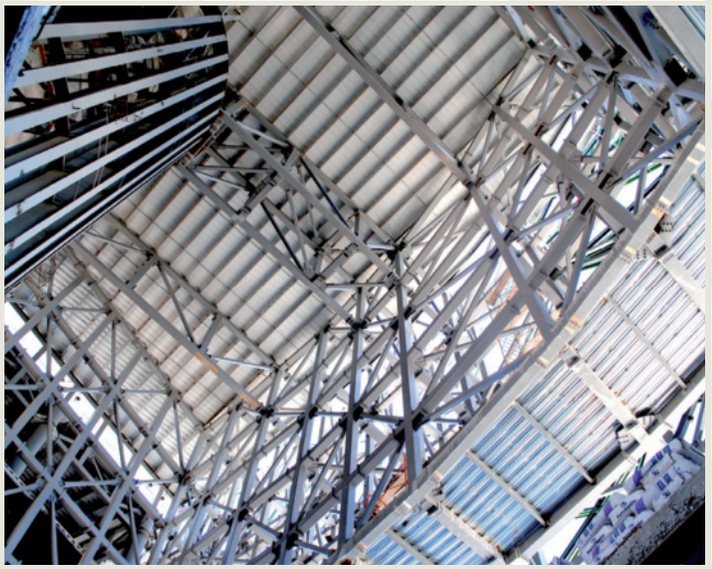
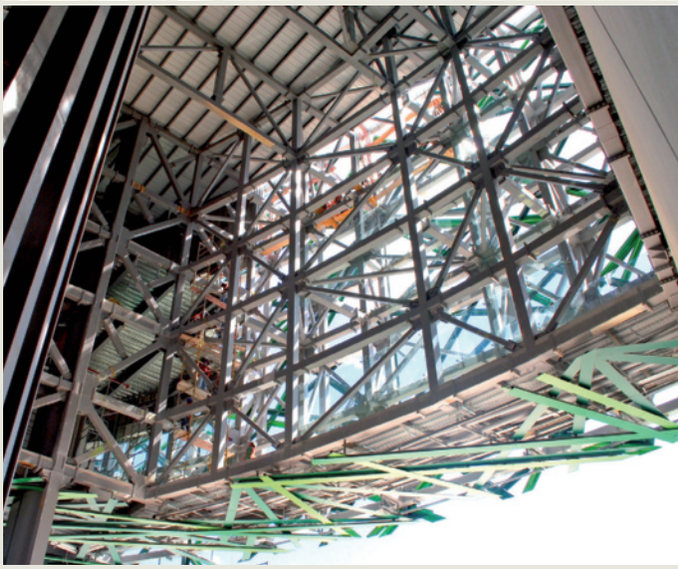


STONE FLOOR MODULATION PUBLIC SQUARE

Le fondazioni sono costituite da plinti in cemento armato. Quello del maxipilastro centrale **dell'«albero Ceiba» ha forma circolare, un diametro di 6 m e una profondità di 1 m, ed è stato calcolato per portare il carico di 9,2 kg/cmq della superstruttura.**

STRUTTURE

Strutture in acciaio sono state utilizzate in due direzioni per il parcheggio sotterraneo. I corpi adibiti rispettivamente a gift shop/ristorante e pubbliche relazioni/centro per l'infanzia sono stati realizzati con strutture rigide o capriate in acciaio a seconda dei requisiti architettonici. Le sale espositive hanno una **copertura a capriate di tipo Pratt** col braccio superiore inclinato in modo da determinare l'andamento delle scarpate che si sviluppano in corrispondenza dell'estradosso, eliminando al contempo l'uso di malta, che avrebbe portato a un incremento del carico, e la presenza di travi secondarie unidirezionali. L'atrio è stato concepito in modo da utilizzare **strutture rigide con capriate** simili a quelle delle aree espositive. La struttura dell'albero Ceiba è **stata costruita attorno a un nucleo centrale in cemento armato,** dove è collocato l'ascensore, una maxicolonna portante che ha una funzione di irrigidimento insieme agli altri pilastri che emergono dal blocco gift shop/ristorante e dall'atrio principale. I criteri utilizzati per strutturare l'edificio come un organismo unico hanno richiesto l'uso di strutture rigide in acciaio combinate **con capriate Warren**. Il corpo corrispondente all'«albero» presenta due capriate che corrono lungo l'intero perimetro dell'elissi, per legare e rinforzare l'intera struttura in presenza dell'azione del vento. Queste formano **la «pelle» dell'edificio** e sono tenute insieme da una capriata più grande, collocata al livello della copertura, in modo tale da formare una struttura tridimensionale.
Le partizioni orizzontali di tutti gli edifici in acciaio che compongo il complesso sono realizzate con una struttura composita che prevede l'impiego di solai in lamiera grecata con soletta collaborante. Quelli del «Ceiba» sono connessi ai pilastri e alle estremità delle capriate collocate nella «doppia pelle» del grande volume ellittico.
Date le caratteristiche del complesso e la lunghezza dell'area su cui si sviluppa, particolare attenzione è stata **dedicata ai giunti**. La funzione di questi ultimi era infatti decisiva per controllare ogni possibile fessurazione o rottura a seguito di movimenti della struttura dovuti alla variazione di temperatura o ad azioni su di essa. Due di questi giunti sono collocati nella parte centrale dell'edificio Ceiba, che, in considerazione delle sue differenti caratteristiche, doveva essere per forza isolato dalle altre strutture.
Tutte le strutture metalliche del complesso sono protette da **pittura intumescente** per garanti-

re la resistenza al fuoco fino a 2 ore. Il museo è equipaggiato con dispositivi antincendio secondo i requisiti degli standard locali e internazionali.

CANTIERE

L'obiettivo principale della costruzione era quello di arrivare all'apertura completa del museo in un arco temporale di 18 mesi. L'edificio doveva essere quindi terminato in un periodo non superiore a 15 mesi.

Una delle sfide maggiori presentate dalla costruzione del Museo consisteva nella **conformazione del sito**. La profondità del lotto (solo 83 m) poneva infatti il problema dello spostamento e della collocazione dei macchinari e attrezzature necessari per la realizzazione del corpo principale.

Per questo motivo non è stato possibile terminare i lavori della piattaforma d'accesso e di tutto quanto era collocato al di sotto di essa fino a quando la struttura non è diventata completamente autoportante. Al fine di risolvere questo problema, un accesso è stato lasciato aperto alla circolazione dei macchinari pesanti, e sono state collocate attorno alle facciate le solette di raccordo. Queste ultime erano grandi elementi prefabbricati in cemento da 2,125 x 6,70 m, particolarmente difficoltosi sia da spostare che da assemblare nello spazio a disposizione, specialmente al di sotto del corpo ellittico del Ceiba, sostenuto da due file di pilastri interconnessi che si sviluppano a partire dall'edificio sottostante, e dalla maxicolonna in cemento armato alta 32 m. Nel caso di questa è stato necessario realizzare il **getto in tempi molto brevi** per non dover procrastinare il lavoro di assemblaggio della struttura metallica di altezza 36 m sopra al livello della strada, che a sua volta ha rappresentato un'altra sfida impegnativa.

Il problema risiedeva nel fatto che la struttura doveva essere messa in opera e tenuta insieme sospesa nel vuoto a 14,5 m di altezza fino al momento in cui sarebbe diventata totalmente autoportante.

Un ponteggio metallico è stato specificamente concepito e realizzato a questo scopo, con un'altezza di 14,5 m e un perimetro di 186 m, per poi venire collocato al di sotto del piano più basso dell'«albero» Ceiba.

Un'altra operazione dall'elevato livello di difficoltà era rappresentata dal processo di assemblaggio della collezione permanente, dal momento che **l'esposizione dei monoliti** conteneva alcuni reperti archeologici con peso variabile dalle 4,5 alle 7,5 tonnellate e altezze superiori a 2,5 m. La collocazione di questi pezzi era possibile solo una volta che il museo fosse stato in grado di garantire precise condizioni di sicurezza, temperatura e umidità. Tali requisiti, stabiliti dall'**Inah** (acronimo spagnolo per l'Istituto Nazionale di Antropologia e Storia) per gli spostamenti dei beni culturali della nazione,

potevano essere soddisfatti solo a costruzione ultimata, ovvero in una fase in cui non sarebbero più state disponibili aree esterne libere dove collocare gru o mezzi pesanti.
Allo scopo di risolvere tale problema è stata appositamente concepita e realizzata **una struttura provvisionale**, da collocare sotto l'area del piano dedicato alle funzioni espositive.
Dopo che uno specifico diagramma di flusso ha mostrato i movimenti dei singoli pezzi, la struttura provvisionale è stata costruita lungo l'intero tragitto che i monoliti dovevano compiere per essere collocati nella loro destinazione finale.
Dal momento che lo studio vincitore del concorso era anche responsabile della supervisione architettonica, si è creato fin dalla fase iniziale dei lavori un rapporto **di stretta collaborazione con le varie figure professionali coinvolte** (strutturisti e impiantisti) e l'impresa di costruzioni, sia per affrontare quotidianamente le sfide presentate dalla realizzazione che per garantire che fosse rispettata l'idea originaria.
Il clima locale non ha avuto effetti importanti sull'andamento dei lavori.
Quella di un **possibile uragano** era l'unica minaccia consistente, e sono state adottate tutte le precauzioni necessarie per minimizzare i rischi legati a essa, compresa la programmazione dell'assemblaggio della struttura principale dell'albero Ceiba al di fuori della stagione degli uragani, ovvero dall'ottobre al maggio. Nessun fenomeno meteorologico del genere si è comunque presentato durante l'intero periodo dei lavori.
Per le varie professionalità coinvolte nella realizzazione, sono stati organizzati corsi dedicati a protezione civile, sicurezza di progetto e primo soccorso.

L'USO DEI MATERIALI

Il Gran Museo del Mundo Maya è caratterizzato **dall'uso innovativo del cemento**, con le sue proprietà plastiche e la resa estetica ottenuta grazie all'uso di un conglomerato di provenienza locale e di origine calcarea, che conferisce alle facciate una tonalità uniforme di grigio chiaro.
Il colore naturale e la grana fine dei pannelli permettono di utilizzarne la superficie nelle ore notturne come un gigantesco schermo per proiezioni multimediali.
Nel complesso, per il museo sono stati utilizzati **14mila mq di pannelli in cemento prefabbricato**.
La ricerca nel campo dei materiali ha riguardato anche **le «foglie» dell'albero Ceiba**, che

EFFICIENZA ENERGETICA E SOSTENIBILITÀ

L'obiettivo della performance energetica è stato perseguito innanzitutto attraverso soluzioni passive, con la collocazione dell'edificio sull'area.
Il museo si apre **infatti in direzione dei venti predominanti** (nord-est e sud-est), consentendo così che tutto il corridoio principale e le aree di circolazione siano arieggiate in modo naturale.
La climatizzazione è utilizzata solo negli spazi in cui si rende indispensabile per le funzioni ospitate e i loro requisiti in termini di regolazione della temperatura e dell'umidità.
Le zone caratterizzate dalla presenza di facciate cieche più ampie sono a est e ovest, dove la destinazione museale imponeva la creazione di stanze che rimanessero sempre chiuse e con microclima rigidamente controllato. I fronti sono protetti da grandi pannelli in cemento prefabbricato senza aperture lungo il perimetro, dove si trovano gli spazi di circolazione. La massa termica degli elementi viene sfruttata per prevenire il surriscaldamento delle aree espositive.
Il grande atrio che si apre al di sotto della struttura ellittica in acciaio dell'edificio Ceiba, grazie a solai di differenti altezze nella parte più alta, svolge la funzione di un camino solare.
Il museo è stato predisposto all'uso di fonti energetiche alternative, destinando una superficie apposita alla futura installazione di pannelli solari, in grado di coprire una parte significativa del fabbisogno del complesso.

si è scelto di rappresentare **con una sorta di traliccio in lastre laminate ad alta pressione e decorate in superficie in tre diverse tonalità di verde**. Questa seconda orditura è stata sovrapposta alle strutture in metallo e ai pannelli in cemento del corpo ellittico. Il materiale è prodotto tramite l'utilizzo di tecnologie **Ebc** (Electronic Beam Curing) e Df (Dry Forming) e composto da un 70% circa di fibre di legno e resine termoindurenti, sottoposte ad alta pressione e temperature tali da determinare come risultato delle lastre straordinariamente compatte, con un soddisfacente rapporto peso/resistenza e una notevole flessibilità, entrambi elementi indispensabili per l'applicazione alla struttura ellissoidale dell'«albero».

Il materiale possiede anche un'adeguata resistenza ai raggi ultravioletti e una colorazione estremamente stabile, anche in presenza dell'azione di sole o pioggia, dunque non pone particolari problemi a livello di manutenzione nel corso degli anni.

Le scelte cromatiche compiute nei tre principali settori del museo sono dettate da quelle architettoniche e simboliche relative a ciascuno di essi. Nel primo, costituito dalla grande piazza che dà accesso al museo e ispirato alla civiltà Maya, sono stati utilizzati rivestimenti in calcare dalla tonalità color crema. Il secondo blocco, formato da sale espositive, ristorante, gift shop, centro per l'infanzia e ufficio pubbliche relazioni, rappresenta le tre pietre della simbologia Maya ed è contraddistinto dal cemento grigio chiaro dei pannelli prefabbricati. Il terzo, che corrisponde all'albero Ceiba, prevede, oltre alla presenza delle lastre traforate in tre tonalità di verde, la verniciatura ignifuga in grigio delle strutture in acciaio.

CONTROLLO DELLA QUALITÀ

L'investitore era anche responsabile del controllo qualità in fase di costruzione, e sottoposto a verifica da parte del supervisore di controllo assunto dal Patronato Cultur. I controlli venivano compiuti sia per valutare le proprietà dei sistemi e finiture adottati, sia per i materiali, gli equipaggiamenti e le installazioni permanenti, confrontandoli con quelli specificati in sede progettuale per decidere se accettarli, respingerli o richiederne modifiche. Anche il processo produttivo o le procedure di costruzione sono stati oggetto di analisi e valutazioni dettagliate, principalmente condotte a campione, sul campo e attraverso test di laboratorio, oltre che tramite analisi statistiche dei risultati. ●

© RIPRODUZIONE RISERVATA

I sistemi costruttivi e i materiali adottati (molti dei quali prefabbricati) hanno consentito di ridurre l'impatto ambientale nella fase dei lavori, facendo in modo che una parte consistente di essi venisse realizzata in stabilimento, con una minor produzione di rifiuti in sito e un controllo superiore dei materiali rispetto a una costruzione interamente realizzata in opera.

Si è potuto anche **ridurre il tempo richiesto per l'assemblaggio**, riducendo il tempo di utilizzo dei macchinari e delle attrezzature in cantiere e contenendo l'inquinamento visivo, atmosferico e acustico, con benefici sia per la sicurezza che per la salute delle maestranze.

Un altro requisito considerato fondamentale, fin dalla fase progettuale, è quello dell'adattabilità: ciascun elemento o soluzione tra quelli previsti per la realizzazione del museo doveva essere flessibile e modificabile all'occorrenza, senza alcun incremento nella produzione di rifiuti o a livello di impatto ambientale.

Gli spazi sono strutturati per essere facilmente trasformabili nel tempo, in caso di mutate esigenze nel corso di tutta la vita utile dell'edificio.

Tale concetto energetico e ambientale alla base della realizzazione è stato perseguito in tutte le fasi attraverso una stretta collaborazione dello studio con varie professionalità, formando un team di lavoro che ha consentito una completa integrazione di tutte le parti del museo, ottimizzando i vari spazi.